

ЗЕМЛЯ И

космонавтика
астрономия
геофизика

№2(326) МАРТ-АПРЕЛЬ, 2019

ISSN 0044-3948

ВСЕЛЕННАЯ

ТОРНАДО: ЕГО ЗАРОЖДЕНИЕ, СВОЙСТВА,
РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ

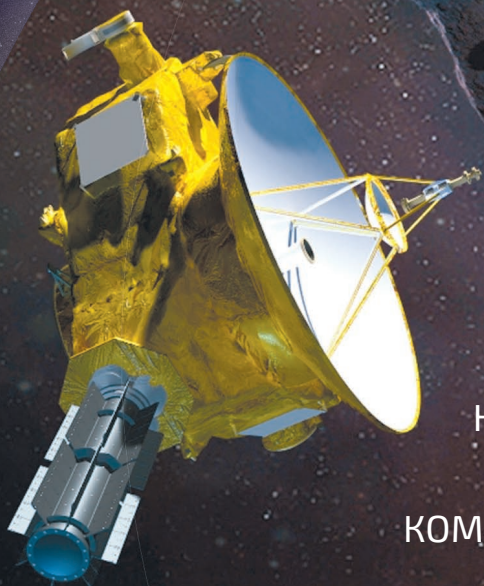
ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ "БОРОК"

"НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ": КАРТИНКИ С КРАЯ СВЕТА

ТЯЖЕЛЫЕ ЯДРА
КОСМИЧЕСКОЙ РАДИАЦИИ
И ПЛАНИРОВАНИЕ
КОСМИЧЕСКИХ МИССИЙ

ПРОЕКТ "ДИСКАВЕР":
НАБЛЮДЕНИЕ ЗЕМЛИ И ИЗУЧЕНИЕ
КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ

КОМПЛЕКСЫ АКТИВНОСТИ НА СОЛНЦЕ



НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЕ ЖУРНАЛЫ ТЕПЕРЬ ДОСТУПНЫ ВСЕМ



Уважаемые коллеги!

Открыта подписка для физических лиц
на номера 2019 г. научно-популярных журналов
«Земля и Вселенная», «Природа»,
«Энергия: экономика, техника, экология»

Журнал «Земля и Вселенная»

Стоимость годового комплекта (6 номеров) 1200 руб.

Редакция журнала

Тел.: +7(495)276-77-35 (доб. 42-31)

E-mail: zevs@naukaran.com

ул. Профсоюзная, 90, к. 423

Журнал «Природа»

Стоимость годового комплекта (12 номеров) 3000 руб.

Редакция журнала

Тел.: +7(495)276-77-35 (доб. 41-71)

E-mail: priroda@naukaran.com

ул. Профсоюзная, 90, к. 417

Журнал «Энергия: экономика, техника, экология»

Стоимость полугодового комплекта (6 номеров) 1500 руб.

Редакция журнала

Тел.: +7(495) 362-07-82

E-mail: energy@iht.mpei.ac.ru

ул. Красноказарменная, 17а

Журналы также можно приобрести в розницу в сети
магазинов "Академкнига" по следующим ценам:

«Земля и Вселенная» – 220 руб.

«Природа» – 270 руб.

«Энергия: экономика, техника, экология» – 270 руб.

ИЗДАТЕЛЬСТВО

НАУКА

NAUKA

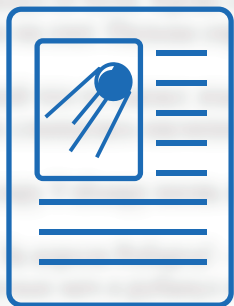
PUBLISHERS

Издательство “Наука” оказывает услуги:

- СОЗДАНИЕ ОРИГИНАЛ-МАКЕТА
 - редактирование
 - вёрстка
 - изготовление рисунков
- ХУДОЖЕСТВЕННОЕ ОФОРМЛЕНИЕ
- ВЕСЬ КОМПЛЕКС ПОЛИГРАФИЧЕСКИХ УСЛУГ
- РАСПРОСТРАНЕНИЕ В РОЗНИЧНОЙ СЕТИ “АКАДЕМКНИГА”

**Высокопрофессиональные специалисты “Науки”
готовы к сотрудничеству**

naukapublishers.ru



НАУКА

www.libnauka.ru

*Добро пожаловать
в электронную библиотечную систему
Издательства «Наука»!*

Электронная библиотечная система Издательства «Наука» – это простой и удобный доступ к огромной коллекции статей и книг, входящих в портфолио «Науки»

Электронная библиотечная система это:

- научная, научно-популярная и классическая литература, от статей до монографий
- оперативное обновление новинок благодаря тесной интеграции с редакционно-издательской системой «Науки»
- разветвленный тематический каталог
- простая и эффективная система поиска
- интуитивная и простая система оформления заказа и подписок
- прозрачная система статистики
- надежность доступа и стабильность работы

Реклама

Присоединяйтесь к миру «Науки»!

ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

№2(326) МАРТ-АПРЕЛЬ, 2019

ISSN 0044-3948

космонавтика
астрономия
геофизика

Научно-популярный журнал
Российской академии наук
Издается под руководством
Президиума РАН
Выходит с января 1965 года
6 раз в год
“Наука”
Москва

НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ:

Темная материя в древней
галактике [28];

Международный год
Периодической таблицы
химических элементов [40];

Планы поиска жизни
на Европе [54];

“Новые горизонты”: картинки
с края света [95]

На стр. 1 обложки: КА “Новые горизонты” рядом с транснептуновым объектом 2014 MU69 в представлении художника. 2014 MU69 или, как его называют неофициально, Ультима Туле (Ultima Thule) – это вдвоенное кометное ядро, состоящее из округлых долей поперечником 19,5 и 14,2 км, которые столкнулись на низкой скорости и “слиплись” в единое тело с поперечником вдоль длинной оси – 34 км. Пролет КА “Новые горизонты” вблизи 2014 MU69 состоялся 1 января 2019 г. в 05:33 UTC, минимальное расстояние до этого объекта составило 3,5 тыс. км. Изображение: NASA/JHUAPL/SwRI (к стр. 95)

В НОМЕРЕ:

Колонка главного редактора 3

ПАНАСЮК М.И. Тяжелые ядра космической радиации и планирование космических миссий 4

ВЕСЕЛОВСКИЙ И.С., КАПОРЦЕВА К.Б., ЛУКАШЕНКО А.Т. Проект “Дискавер”: наблюдение Земли и изучение космической погоды 15

ЯЗЕВ С.А. Комплексы активности на Солнце 29

ФЁДОРОВ В.М. Астрономические причины изменения глобального климата 42

МАЗУРОВ М.Е. Торнадо: его зарождение, свойства, распространенность 56

Служба Солнца

ИШКОВ В.Н. Солнце в октябре – ноябре 2018 г. 69

История науки

АНИСИМОВ С.В., ДМИТРИЕВ Э.М. Геофизическая обсерватория “Борок” – филиал Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН 73

Аэрокосмическое образование

БЕЛОГЛАЗОВА Е.Т. Уникальный космический центр в Кирове 85

Любительская астрономия

КОНОНОВ Д.А. Небесный календарь: май – июнь 2019 г. 98

Любительская телескопостроение

ГУРЕЕВ А.В., ГУРЕЕВ С.В. Любительская оптическая скамья “TWILIGHT” 102

Книги о Земле и небе

ПЕРОВ С.П. Уроки Сергея Капицы 105



© Российская академия наук, 2019
© Редколлегия журнала
“Земля и Вселенная” (составитель), 2019
© ФГУП “Издательство “Наука”, 2019

Zemlya i Vselennaya (Earth and Universe); Moscow, Profsoyuznaya str., 90, f.1965, 6 a year; Joint edition of the Russian Academy of Science; popular, current hypotheses of the origin and development of the Earth and Universe; astronomy, geophysics and space research; Editor-in-Chief acad. L.M. Zelenyi; Deputy Editor O.V. Zakutnaya; Deputy Editor O.Yu. Malkov

Редакционная коллегия:

главный редактор
академик Л.М. ЗЕЛЁНЫЙ,
зам. главного редактора
академик В.М. КОТЛЯКОВ,
летчик-космонавт
П.В. ВИНОГРАДОВ,
зам. главного редактора
кандидат филол. наук
О.В. ЗАКУТНЯЯ,
доктор исторических наук
К.В. ИВАНОВ,
летчик-космонавт
А.Ю. КАЛЕРИ,
кандидат физ.-мат. наук
О.Ю. ЛАВРОВА,
доктор физ.-мат. наук
А.А. ЛУТОВИНОВ,
зам. главного редактора
доктор физ.-мат. наук
О.Ю. МАЛКОВ,
доктор физ.-мат. наук
И.Г. МИТРОФАНОВ,
академик И.И. МОХОВ,
член-корр. РАН
И.Д. НОВИКОВ,
доктор физ.-мат. наук
С.П. ПЕРОВ,
доктор физ.-мат. наук
К.А. ПОСТНОВ,
доктор физ.-мат. наук
М.В. РОДКИН,
научный директор
Московского планетария
Ф.Б. РУБЛЁВА,
член-корр. РАН
А.Л. СОБИСЕВИЧ,
член-корр. РАН
В.А. СОЛОВЬЁВ,
академик
А.М. ЧЕРЕПАЩУК,
доктор физ.-мат. наук
В.В. ШЕВЧЕНКО,
член-корр. РАН
Б.М. ШУСТОВ

IN THIS ISSUE:

Chief Editorial Column	3
PANASYUK M.I. Heavy Nuclei of Cosmic Radiation and Planning of Space Missions	4
VESELOVSKY I.S., KAPORTSEVA K.B., LUKASHENKO A.T. "DSCOVER" Project: Earth Observations and Space Weather Study	15
YAZEY S.A. Activity Complexes on the Sun	29
FEDOROV V.M. Astronomical Causes of Global Climate Change	42
MAZUROV M.E. Tornado: its Birth, Properties and Prevalence	56
Solar Monitoring Service	
ISHKOV V.N. The Sun in October – November 2018	69
History of Science	
ANISIMOV S.V., DMITRIYEV E.M. Borok Geophysical Observatory – Branch of Schmidt Institute of Physics of the Earth of RAS	73
Aerospace Education	
BELOGLAZOVA E.T. Unique Space Center in Kirov	85
Amateur Astronomy	
KONONOV D.A. Celestial Calendar: May – June 2019	98
Amateur Telescope Making	
GUREEV A.V., GUREEV S.V. Amateur Optical Bench TWILIGHT	102
Books about Earth and Sky	
PEROV S.P. Sergey Kapitsa's Lessons	105

Колонка главного редактора

“Интересно, но трудно жить в эпоху перемен”. Нам с вами, уважаемые читатели, это счастье/несчастье досталось в полной мере. Современная наука (и особенно наша астро-, космо- и геофизика) развивается очень быстро, и в нашем журнале мы постараемся рассказывать о самых интересных космических новостях. К сожалению, в последние годы они все чаще приходят из зарубежных, а не российских институтов. Тем не менее мировая наука единая – и радость открытий принадлежит нам всем.

В лежащем перед вами номере мы расскажем о космической радиации и о том, какие опасности она представляет для будущих космических миссий; о новом проекте DSCOVR по изучению солнечного ветра и космической погоды и его непростом пути от задумки до запуска; о торнадо и причинах его появления, а также о возможных астрономических причинах изменения климата на Земле. Также вас ждут материалы наших постоянных рубрик “Служба Солнца”, “Любительская астрономия” и другие интересные статьи.

Этот год обещает быть очень интересным. В частности, нас порадовали и китайские коллеги, которые осуществили мягкую посадку на обратной стороне Луны – впервые в истории своей страны и в XXI веке – и даже начали проводить там биологические и радиофизические эксперименты. Вообще Марс и Луна активно “выходят на авансцену” космической науки. Обсуждается программа пилотируемых полетов на Луну и строительства там в будущем полноценной астрофизической обсерватории.

Любой журнал силен своей обратной связью с читателями. Ждем ваших писем с вопросами, комментариями, дополнениями и, конечно, критикой. Наша общая задача сделать журнал ярче, современной и интересней.

В завершение этой короткой колонки я от всей души поздравляю вас



с Днем космонавтики! В этом месяце, по уже многолетней традиции, Институт космических исследований открывает свои двери для школьников, студентов и всех интересующихся космосом. Участники Дня открытых дверей ИКИ, который состоялся 13 апреля, могли услышать интереснейшие научно-популярные лекции о моделировании космических полетов на Земле и задачах космической баллистики, побывать на выставке космических приборов и аппаратов. Через неделю, 20 и 21 апреля ИКИ впервые принимал у себя участников всероссийского астрономического фестиваля “АстроФест”.

Тех же, кто не смог приехать в ИКИ 13 апреля, мы ждем в октябре на Дне открытых дверей в честь юбилея запуска Первого искусственного спутника Земли.

*Искренне ваш
Лев Матвеевич Зелёный,
главный редактор журнала
“Земля и Вселенная”*

ТЯЖЕЛЫЕ ЯДРА КОСМИЧЕСКОЙ РАДИАЦИИ И ПЛАНИРОВАНИЕ КОСМИЧЕСКИХ МИССИЙ



М.И. ПАНАСЮК,

доктор физико-математических наук
НИИ ядерной физики им. Д.В. Скобельцына
МГУ им. М.В. Ломоносова

DOI: 10.7868/50044394819020014

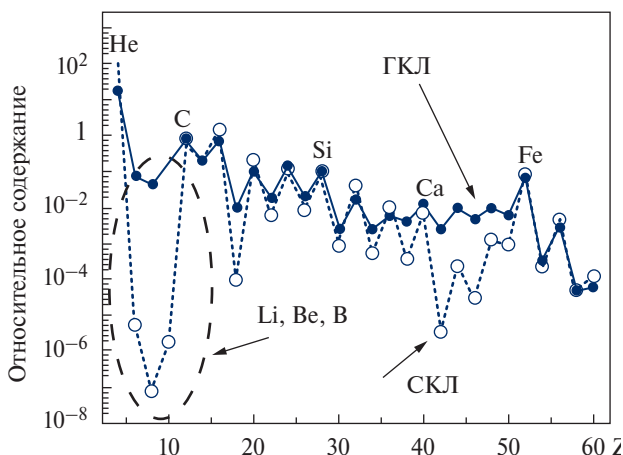
Космические лучи – энергичные заряженные частицы – представлены в природе практически всей Периодической таблицей Д.И. Менделеева. Ядер космических лучей тяжелее водорода мало, но они, как оказалось, играют большую роль в оценках радиационного риска для космических полетов, поскольку их присутствие значительно его увеличивает. Учет их воздействия важен как для электроники космических аппаратов, так и для биологических структур, находящихся на их борту. Именно поэтому изучение тяжелых ядер исключительно важно при планировании космических миссий.

ТЯЖЕЛЫЕ ЯДРА ВО ВСЕЛЕННОЙ

Наша Вселенная устроена таким образом, что количество тяжелых элементов значительно меньше, чем легких; такое соотношение характерно и для

космической радиации (ЗиВ, 2006, № 3). В составе галактических космических лучей (ГКЛ) 85% составляют протоны, или ядра водорода (с атомным номером $Z = 1$) с энергиями более десятков–сотен МэВ, ядер гелия ($Z = 2$) всего 14%, а ядер с $Z > 3$ и того

График распространенности элементов (атомных ядер) тяжелее водорода в галактических и солнечных космических лучах, демонстрирующий их схожесть, за исключением ядер лития (Li), бериллия (Be) и бора B – отмечено овалом (данные спутника ACE http://www.srl.caltech.edu/ACE/ace_mission.html)



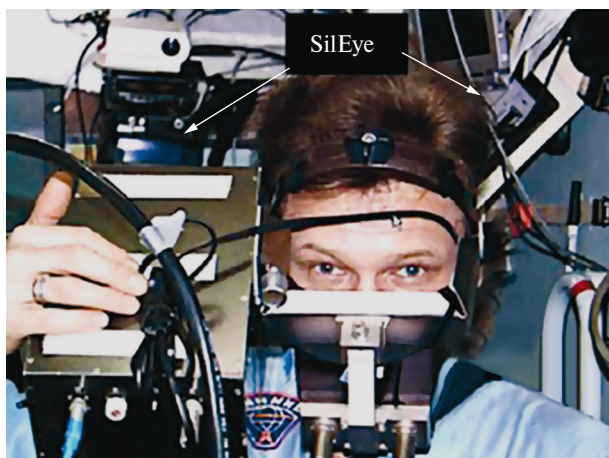
меньше – всего около 1%. Примерно такая же пропорция между легкими и тяжелыми элементами и в солнечных космических лучах (СКЛ), поэтому, казалось бы, тяжелая компонента ГКЛ и СКЛ – тяжелые заряженные частицы (ТЗЧ) – не могут давать существенного вклада в радиационные эффекты. Относительно недавно в результате исследований космического пространства выяснилось, что это не так.

Интерес к ТЗЧ как к источнику радиационной опасности возник в конце 1960-х – начале 1970-х гг., во время шести пилотируемых экспедиций по программе “Аполлон” (“Apollo”). Несколько дней они находились в космическом пространстве, в том числе 8–12 суток вне пределов земной магнитосферы (ЗиВ, 2009, № 5).

В июле 1969 г., во время первой лунной экспедиции на КК “Аполлон-11”, американский астронавт Эдвин Олдрин, совершавший полет вместе с Нилом Армстронгом, сообщил о своих необычных ощущениях: иногда во время полета он наблюдал яркие вспышки в глазах. Порой их частота достигала сотни в день. Именно тогда специалисты и высказали предположение, что это явление может быть вызвано воздействием ГКЛ, постоянно присутствующих в космическом пространстве. В их составе есть тяжелые ядра – углерод, кислород, железо, обладающие большими ионизационными потерями энергии, чем легкие. Именно они и вызывают вспышки света в глазах. Оказалось, что этот орган человека – своеобразный детектор космического



Нил Армстронг (командир), Эдвин Олдрин и Майкл Коллинз совершили первый в истории полет на Луну. Э. Олдрин во время перелета к Луне сообщил о вспышках в глазах, вызванных, как впоследствии оказалось, галактическими космическими лучами. На вставке слева – след, фосфен в глазном яблоке, созданный ядром железа ГКЛ. Фото NASA



Космонавт Сергей Авдеев во время своего полета на станции "Мир" принял участие в российско-итальянском эксперименте по исследованию влияния тяжелых заряженных частиц на глазное яблоко. На фотографии: шлем на голове космонавта – детектор, регистрировавший ТЗЧ, попадающих в глаза космонавта. Снимок любезно предоставил С.В. Авдеев

излучения, регистрирующий его отдельные тяжелые компоненты. В данном случае ТЗЧ при взаимодействии космических частиц с веществом глазного яблока вызывали вспышки света – фосфены. Интерес к изучению ТЗЧ в космосе, как источнику радиационной опасности для человека и создаваемой им космической электроники, возник именно в период первых лунных экспедиций. Теперь это явление широко известно, оно, вероятно, наблюдалось и до Э. Олдрина, только не все космические пилоты сообщали о нем на Землю.

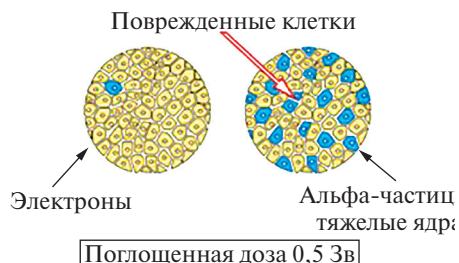
В 1998–1999 гг. на борту Международной космической станции проводился эксперимент по более глубокому изучению этого эффекта. Выглядел он так: шлем, начиненный детекторами для регистрации заряженных частиц, надевали на голову космонавта Сергея Авдеева, и он должен был отмечать момент прохождения частицы по наблюдаемым им вспышкам, а детекторы независимо фиксировали их пролет через глаз и детектор. Глаза космонавта действительно зафиксировали следы прохождения через голову ТЗЧ-фосфены (это были большей частью ГКЛ и частицы радиационных поясов Земли) (см. продолжение статьи в следующем номере журнала).

Так началась история исследования ТЗЧ в космосе, в иностранной литературе их называют HZE particles (High atomic number and high Energy particles – частицы с высокой энергией и атомным номером). Ученых интересуют аспекты их воздействия на биологические структуры и электронику космических аппаратов. Рассмотрим эти эффекты на том уровне, который нам сегодня понятен.

О ВОЗДЕЙСТВИИ ТЗЧ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ

Эффекты взаимодействий ТЗЧ с биологическими структурами и более легкими частицами, например электронами или гамма-излучением, сильно различаются (а далее мы увидим, что это справедливо и для твердотельной электроники). Радиобиологи определяют их эффективность в сравнении с уровнем радиационного влияния на живые организмы рентгеновского излучения. Эксперименты показали, что “относительная биологическая эффективность” ТЗЧ по инициированию одного и того же эффекта значительно больше, чем у рентгеновского излучения. Если облучать одной и той же дозой рентгена

Схема взаимодействия альфа-частиц (ядра гелия) и других тяжелых частиц космических лучей с клетками организма, оно оказалось более эффективным, чем электронов – легких частиц. Тяжелые частицы теряют в веществе гораздо больше энергии на единицу пути, нежели более легкие. При одной и той же дозе радиации от электронов и тяжелых частиц число поврежденных клеток в последнем случае больше



(или электронов) и тяжелыми ионами многоклеточную структуру, то радиационный эффект в виде ее повреждений во втором случае будет значительно больше. Экспериментально доказано, что “относительная биологическая эффективность” (в терминологии радиобиологов – “фактор качества”) таких ТЗЧ, как, например, ядра железа, в 20 раз превышает создаваемую рентгеновским излучением. Соответственно, “поражающий эффект” ТЗЧ более эффективен и в сравнении с электронами и протонами. В радиационной биологии используется не просто доза радиационного облучения, а “эквивалентная доза”, которая учитывает “фактор качества”.

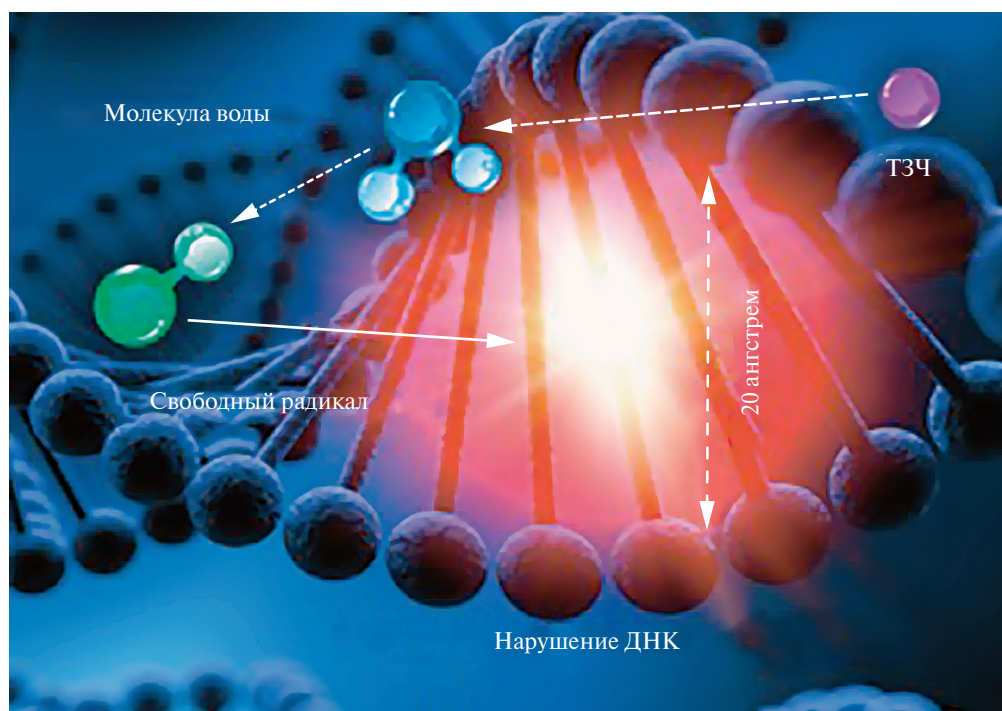
Обладая значительной массой, ТЗЧ теряют существенно больше энергии на единицу пройденного пути, чем более легкие частицы, летящие с той же скоростью. Вследствие этого будут проявляться только локальные, в микроскопических объемах, повреждения биологических структур. При малых потоках ТЗЧ не следует ожидать получения больших доз, характерных для высокоинтенсивных потоков ионизирующего излучения. Тем не менее ТЗЧ в микрообъемах вещества могут вызвать существенные, а иногда

необратимые изменения, например повреждения, возникающие на клеточном уровне. При одной и той же исходной дозе радиации тяжелых частиц и от электронов или рентгена число поврежденных клеток в первом случае значительно больше. Как следствие, при облучении ТЗЧ и гамма-излучением возникают мутации, частота которых зависит от мощности полученной дозы (в первом случае они больше). В результате могут возникнуть необратимые генетические последствия, в том числе и канцерогенные.

ТЗЧ могут вызвать изменения в структуре ДНК. Основное вещество биологических тканей – вода – в поле радиации ионизируется, из-за этого образуются свободные радикалы, которые могут разрушить молекулярные связи ДНК

ТЗЧ могут вызвать изменения в структуре ДНК. Основное вещество биологических тканей – вода – в поле радиации ионизируется, из-за этого образуются свободные радикалы, которые могут разрушить молекулярные связи ДНК. Не исключены прямые повреждения ДНК при тор-

можении ТЗЧ в клетке. Следует отметить, что область взаимодействия ТЗЧ с веществом биологических структур, в отличие, например, от гамма-квантов, сопоставима с размерами элементов самой ДНК-структуры и клетки. Это приводит к локальным повреждениям. Данные о радиационном риске, полученные американскими специалистами из Брукхейвенской лаборатории,



наглядно демонстрируют более сильный, по сравнению с легкими частицами, эффект радиационного эффекта ТЗЧ на биологические структуры.

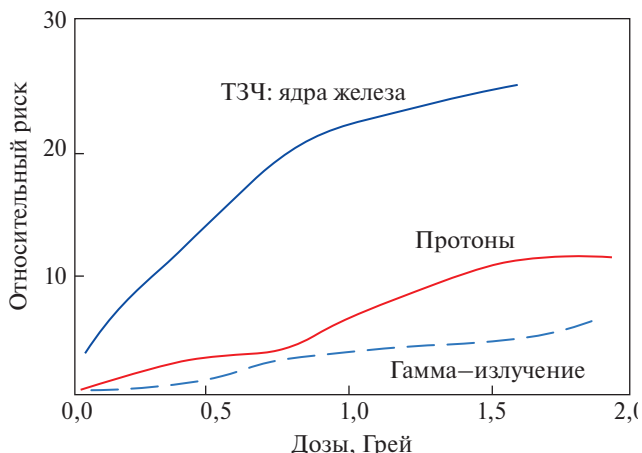
По свидетельству специалистов NASA, у некоторых астронавтов – ветеранов длительных космических полетов – наблюдались серьезные хромосомные аберрации кровяных клеток, что может быть свидетельством начала развития канцерогенных образований. Эти образования могут и не вызвать рак, если они не будут подвержены дополнительным мутациям, но, несомненно, такие нарушения потенциально опасны. Другой пример: воздействие ТЗЧ на глаз человека может привести повреждению клетчатки и хрусталика. Однако надо отметить, что в самом механизме взаимодействия ТЗЧ с клеточными структурами много неясного и сама проблема в рамках радиационной биологии далека от решения. Вероятность радиационных нарушений, описанных выше,

Взаимодействие тяжелых частиц ГКЛ с молекулой ДНК в пределах ее линейных размеров (примерно 20 Å) может приводить к нарушениям в ее структуре двумя путями: либо через образование свободных радикалов, либо напрямую – путем повреждения самой молекулы

не обязательно пропорциональна общей дозе радиации. Сами аберрации разных типов по-разному соотносятся с величиной общей дозы: для одних аберраций необходимы малые дозы, для других – значительно большие. Не вполне ясен и синергетический эффект различных видов радиации: скажем, воздействие ТЗЧ наряду с гамма-излучением, электронами. Исследования наших космических биологов показывают, что, если хрусталик глазного яблока предварительно облучить ионизирующей радиацией, развитие катарактных явлений протекает быстрее.

Биологическая эффективность ионизирующей радиации коррелирует

График радиационного риска возникновения канцерогенных новообразований при облучении биологических структур различными дозами гамма-квантов, протонов и ядер железа. Сильный эффект от тяжелых заряженных частиц (ядер железа) – очевиден. По материалам, опубликованным Cucinotta F.A., Hu S., Shwadronek N.A. *Space radiation Cancer Risk Projections and Uncertainties*. 2010. 2011, NASA/TP-2011-216155

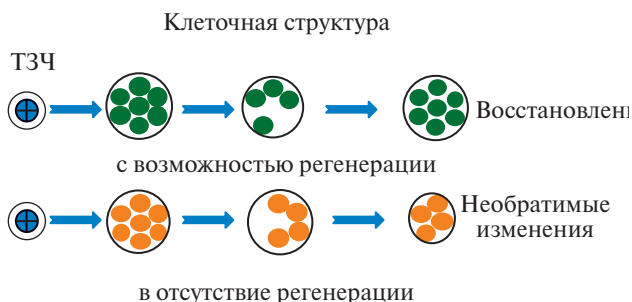


с величиной энергосвободы частицы вдоль ее трека в веществе. Единицей измерения потерь энергии частицы обычно служит величина линейных потерь энергии (ЛПЭ). Это энергия, теряемая частицей на единицу длины в веществе с определенной плотностью.

Радиобиологи выяснили, что биологическая эффективность воздействия ТЗЧ (например, инактивация клетки) начинает увеличиваться с определенного порога, затем наступает насыщение. Несмотря на то, что существуют факты, свидетельствующие в пользу такой интерпретации, следует отметить, что зависимость между ЛПЭ и биоэффективностью ТЗЧ не является простой функцией. Об этом может свидетельствовать, например, тот факт, что биоэффективность ионов с различными зарядовыми состояниями при одном и том же ЛПЭ – разная. Специалистами в области радиобиологии отмечается, что, в отличие от нейтронов и, скажем, альфа-частиц, ситуация по изучению эффектов, вызываемых более высокоэнергичными тяжелыми ТЗЧ, вероятно, более проблематична. Такие данные практически просто отсутствуют, а имеющиеся относятся к экспериментам с большими дозами.

Для ТЗЧ с большими значениями ЛПЭ биологическая эффективность воздействия ТЗЧ не имеет прямой связи с ЛПЭ. Это происходит, скорее всего, из-за того, что толщина трека частиц в веществе зависит от их скорости. Поэтому частицы с разными Z приводят к разному эффекту при одном и том же ЛПЭ. Так, по некоторым экспериментальным данным, полученным на ускорителях, видно, что максимум биологической эффективности ТЗЧ изменяется от 100 кэВ на 1 мкм пройденного частицей пути в веществе до более чем 150 кэВ/мкм при изменении от Z от 1 (протоны) до 26 (железо). Можно констатировать, что эффективность воздействия ТЗЧ скорее зависит от заряда частицы Z и ее энергии, чем от ЛПЭ. В этом случае становится очевидным, что “ЛПЭ-концепция” интерпретации эффектов, вызываемых ТЗЧ, не вполне состоятельна.

В контексте изложения механизмов воздействия ТЗЧ на биологические структуры следует упомянуть и о возможности изменения когнитивных функций высших млекопитающих. Причиной тому – нарушения на молекулярном уровне, изучение которых также еще впереди. Интересен



Воздействие ТЗЧ на клеточную структуру: в ряде случаев наблюдаются регенеративные процессы, но существует и обратный эффект: ТЗЧ могут привести и к необратимым изменениям

такой факт (также результат экспериментальных исследований): если после облучения обезьян малыми дозами протонов – наиболее легкими ядрами – процент успешно выполняемых тестов несколько увеличивается, то при облучении ТЗЧ он уменьшается! Почему? Пока неясно.

Здесь надо отметить, что на сегодняшний день специалисты по космической медицине и биологии неспособны дать исчерпывающий ответ на подобного рода вопросы. Есть проблемы, которые надо решать в будущих исследованиях. Например, само по себе нарушение ДНК не обязательно должно привести к раку. Более того, молекулы ДНК, получив сигнал опасности о нарушении своей структуры, стараются включить “программу ремонта” (репараций) самостоятельно, и это происходит порой небезуспешно. Любая физическая травма, тот же удар молотком по телу, вызывает гораздо больше нарушений на молекулярном уровне, чем радиация. Но клетки восстанавливают ДНК, и организм “забывает” об этом событии. Но и этот процесс не всегда реализуется: некоторые клеточные структуры не допускают возможности регенерации после воздействия ТЗЧ.

Любая физическая травма, тот же удар молотком по телу, вызывает гораздо больше нарушений на молекулярном уровне, чем радиация. Но клетки восстанавливают ДНК, и организм “забывает” об этом событии

Тем не менее стабильность некоторых ДНК чрезвычайно велика: вероятность мутации не превышает 1 : 10 млн вне зависимости от локальных условий, что говорит о фантастической надежности биологической структуры, ответственной за воспроизводство жизни. Даже сверхсильные радиационные поля не могут нарушить структуры ряда типов ДНК. Есть бактерии, которые не мутируют в огромных по мощности радиационных полях, достигающих многих тысяч греев (грей – единица поглощенной дозы ионизирующего излучения, 1 Гр = 100 рад). Такую дозовую нагрузку не выдерживает даже кристаллический кремний и многие конструкционные материалы. Однако, как представляется биологам, возможен сбой в “программе ремонта”: например, как результат воздействия ТЗЧ, хромосома может оказаться в совсем не нужном месте в структуре ДНК.

Вот эта ситуация становится уже опасной, но и здесь возможна многовариантность последовательности событий.

Во-первых, надо учесть, что процесс мутации – размножения “неправильных клеток” – занимает большой промежуток времени. Биологи полагают, что могут пройти десятилетия между

первичным неблагоприятным фактом облучения ТЗЧ и негативной реализацией этого эффекта. Это время необходимо, чтобы сформировать новообразование, состоящее из многих миллиардов клеток, подвергнутых мутациям. Поэтому прогноз развития неблагоприятных последствий – дело очень проблематичное.

Другая сторона проблемы влияния радиации на биологические структуры состоит в том, что недостаточно изучен сам процесс воздействия малых доз. Не существует прямой связи между величиной дозы – количеством радиации и радиационными повреждениями. Как полагают биологи, разные типы хромосом различным образом реагируют на величину дозы. Одним из них для проявления эффекта “требуются” значительные дозы радиации, а другим достаточно и сверхмалых. В чем здесь причина? Ответа на это пока также нет. Более того, не вполне ясны последствия облучения биологических структур одновременно двумя или несколькими видами радиации – скажем, ГКЛ и СКЛ или ГКЛ, СКЛ и частицами радиационных поясов. Состав этих видов космического излучения несколько разный, и поэтому каждый из них может приводить к своим последствиям. Но неясен эффект их совместного действия. Окончательный ответ на эти вопросы будет получен лишь по результатам будущих экспериментов и при моделировании.

Краткий экскурс в данную проблему показывает, что изучение радиационных эффектов ТЗЧ на биологические структуры находится в настоящее время на стадии своего развития. Однако уже сейчас очевидно, что потенциальная опасность ТЗЧ – реальность,

которую нельзя не учитывать при планировании космических миссий. На этом неприятные последствия присутствия в космосе тяжелых частиц космических лучей высокой энергии не заканчиваются...

Замечено, что работа бортовых компьютеров спутников может нарушаться, они бывают двух типов: компьютер “зависает” и через некоторое время восстанавливается или же полностью выходит из строя. Опять-таки, изучая это явление, ученые пришли к выводу, что ответственны за него тяжелые частицы ГКЛ. Почему это происходит?

ТЗЧ И ЭЛЕКТРОНИКА КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Удивительно, но подобные по своему негативному результату последствия, наблюдаемые в биоструктурах при воздействии на них ТЗЧ, обнаруживают себя и в космической электронике. Эти эффекты стали заметны при широком внедрении в бортовую электронику микросхем высокой степени интеграции. Поэтому данная проблема возникла где-то на рубеже 60-х – 70-х годов прошлого столетия, то есть даже календарно ее появление совпало с рождением сходной проблемы в радиационной биологии.

В качестве прямого доказательства существования эффекта негативного воздействия ТЗЧ на бортовую электронику можно привести экспериментальные результаты. Здесь приводится частота сбоев в микросхеме памяти, наблюдавшаяся на одном из спутников в течение ряда лет. Там же нанесена кривая солнечной активности.

*Не существует
прямой связи между
величиной дозы –
количеством радиации
и радиационными
повреждениями.
Как полагают биологи,
разные типы хромосом
различным образом
реагируют на величину
дозы*

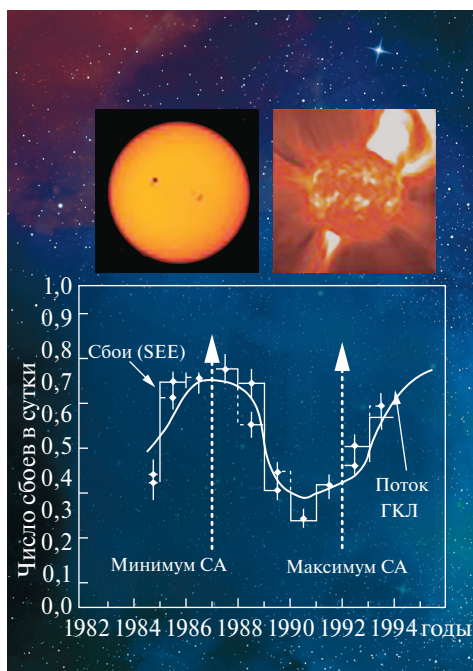


График вариаций потока галактических космических лучей и одиночных сбоев в компьютерных системах спутника. Модуляция ГКЛ в течение цикла солнечной активности приводит к аналогичным изменениям частоты сбоев (По материалам, опубликованным в Bashkirov V., Kuznetsov N., Nymnik R. *An analysis of the SEU rate of microcircuits exposed by the various components of space radiation* // *Radiation Measurements*, 1999. Т. 30. № 3. С. 427–433)

Налицо высокая корреляция между этими явлениями. В годы минимума солнечной активности, когда поток ГКЛ максимален, частота сбоев нарастает, уменьшается же она в максимуме солнечной активности, когда поток ГКЛ минимален. Таким образом, очевидно, что частицы ГКЛ были источником сбоев в бортовой электронике данного спутника (заметьте сходство с воздействием на биологические структуры!).

Невозможно бороться с этим неприятным явлением традиционными

методами – создавая пассивную защиту. Никакая защита не спасает аппаратуру спутника от этих частиц с их громадными энергиями, уж слишком велика их проникающая способность. Наоборот, увеличение толщины обшивки космического корабля приводит к обратному эффекту. Нейтроны, образуясь в результате ядерных реакций ГКЛ с веществом, создают сильный радиационный фон внутри корабля. Эти вторичные нейтроны, взаимодействуя с материалом, расположенным вблизи чипа, генерируют, в свою очередь, тяжелые частицы, которые, проникая внутрь чипов, создают сбои (часть 2 этой статьи читайте в следующем номере).

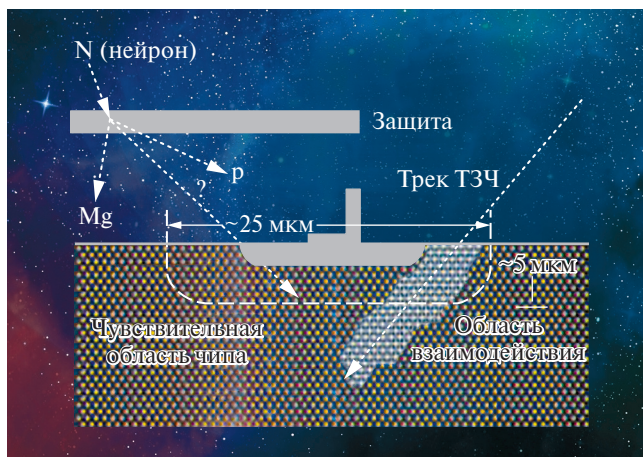
Каков же механизм образования сбоев в микросхемах под воздействием ТЗЧ? Так же, как и в случае с глазным яблоком человека, они проникают внутрь чипа и вызывают локальные микроскопические нарушения в его “сердце” – чувствительной области полупроводникового материала, из которого он изготовлен. В результате довольно сложных процессов, связанных с нарушением движения носителей электрических токов в материале чипа, и происходят сбои в его работе (их называют “одиночными сбоями”). Это неприятное явление для бортовой аппаратуры современных космических аппаратов, напичканных компьютерными системами, управляющими его работой. Как результат, аппарат может потерять ориентацию или не выполнить необходимую команду оператора с Земли, а если на борту нет дублирующей компьютерной системы, его можно и потерять.

Сбой представляет собой эффект ионизации ТЗЧ, генерирующими трек из электронно-дырочных пар. Заряд, аккумулярованный на электроде, может сформировать ложный сигнал, который приводит к “мягкому” сбою. Дальнейший сброс или перезапись устройства

приводит, как правило, к нормальному функционированию. Подобные сбои обычно наблюдаются как переходные импульсы в логических или вспомогательных цепях, а также как инвертирование в элементах памяти или в регистрах. Возможны многократные одиночные сбои, в которых единичная ТЗЧ поражает два или более бита, вызывая одновременные сбои.

В отличие от “мягких”, “жесткие” сбои приводят к отказам, которые исключают возможность восстановления путем перезапуска – при этом функциональность устройств нарушается окончательно. Один из примеров – эффект “защелки”, или SEL (Single Effect Latchup – одиночный эффект защелки), приводящей к генерации сильных токов во время “зависания” в одном состоянии. Состояние защелкивания может разрушить устройство, закоротив напряжение на общей шине или повредив источник электропитания. Интересно, что SEL впервые наблюдался во время наземных испытаний микросхем.

Для описания одиночных сбоев обычно, так же как и в радиационной биологии, часто используется концепция линейных потерь энергии. Считается, что устойчивость устройства определяется порогом ЛПЭ, который определяется по минимуму ЛПЭ, вызывающему сбой. Зная энергетический спектр исходного космического ионизирующего излучения, и преобразовав его в ЛПЭ-спектр, можно модельно оценить частоту сбоев в конкретной микросхеме с учетом ее топологии и конструктивных особенностей. Этот метод оценки сбоев основан на определении для микросхемы так называемой



Механизм иницирования одиночного сбоя в микросхеме: тяжелая заряженная частица космических лучей, проникая внутрь чувствительной области, создает локальные нарушения электропроводности, что приводит к сбою в работе. Другой вариант – заряженная частица, взаимодействуя с конструкционными материалами спутника путем ядерных реакций, создает нейтроны, которые, в свою очередь, взаимодействуя с материалами (например, магниевыми сплавами), могут создать тяжелые заряженные частицы (скажем, α -частицы). Они также вызовут сбои в работе микросхем

величины критического заряда – минимального аккумулированного заряда, который создается ионизирующей частицей в чувствительном объеме устройства и необходимым для инициации одиночного сбоя. Высокоэнергичная ионизирующая радиация, помимо дозовых эффектов – главной причины деградации полупроводниковых приборов в высокоинтенсивных полях радиации, может вызывать сбои, вызванные не объемной, а локальной ионизацией, причем сбои зависят от ЛПЭ и носят пороговый характер (аналогично эффектам ТЗЧ в биологических структурах!).

Однако имеются результаты наземных испытаний ряда микросхем, демонстрирующие, что такая простая зависимость вероятности сбоев от ЛПЭ – весьма упрощенная. В реальности она более сложная и свидетельствует о существовании многоуровневого порогового эффекта. ЛПЭ-концепция сбоев базируется на простейшем подходе учета средних ионизационных потерь заряженных частиц в аморфном веществе. Не учитываются возможные вклады, например, многократного рассеяния частиц в веществе, изменения энергии в пройденном слое мишени, влияния кристаллической решетки и температуры кристаллов полупроводниковых материалов интегральных схем, что может быть связано с проблемами каналирования (движение заряженных частиц вдоль каналов) при прохождении частицы через вещество.

Не исключено, что сбои в микросхеме могут произойти за счет генерации вторичных продуктов ядерных реакций при взаимодействии ГКЛ с веществом, окружающим саму микросхему. Аналогичный процесс, приводящий к образованию вторичных ТЗЧ, происходит и при взаимодействии нейтронов с веществом. Кроме того, не очевидно, что дозовые эффекты и сбои от одиночных частиц – независимые явления. Проблема связи накопленной дозы с вероятностью одиночных сбоев актуальна и неоднозначна. Все эти дополнительные факторы нельзя сбрасывать со счетов при оценке ресурса электроники в условиях космического полета. Напомним, что тяжелые заряженные частицы встречаются не только в космических лучах.

В следующем номере журнала рассмотрим физические характеристики радиационных полей в космосе (галактических и солнечных космических лучей, радиационных поясов Земли, а также вторичных частиц) на предмет возможного проявления негативных последствий от воздействия ТЗЧ на электронику и на биологические структуры в космосе. Также кратко остановимся на проблеме планирования космических миссий с целью минимизации радиационных рисков, связанных с этими частицами.

*Окончание статьи читайте
в следующем номере журнала*

ПОПРАВКА

На этапе работы в редакции “ЗиВ” над текстом статьи А.И. Еремеевой “Памяти К.А. Бархатовой” (ЗиВ, 2018, № 3, с. 29) при сокращении внутренних подзаголовков в авторском оригинале статьи во фрагменте:

“Скопления как ключ к разгадке направления эволюции звезды. Звезды скопления находятся практически на одном расстоянии от земного и т.д.” по недосмотру оказалось сокращенным заканчивавшее первую строку слово “Звезды”, а следующая строка начата словом “Скопления” с заглавной буквы.

В результате возникло нелепое искажение смысла: “Скопления находятся практически на одном расстоянии... и т.д.”.

Редакция приносит свои извинения за допущенную оплошность.

ПРОЕКТ “ДИСКАВЕР”: НАБЛЮДЕНИЕ ЗЕМЛИ И ИЗУЧЕНИЕ КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ

И.С. ВЕСЕЛОВСКИЙ,

доктор физико-математических наук
Научно-исследовательский институт ядерной физики
им. Д.В. Скобельцына
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
Институт космических исследований РАН

К.Б. КАПОРЦЕВА,

студентка магистратуры физического факультета
Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова

А.Т. ЛУКАШЕНКО,

кандидат физико-математических наук
Научно-исследовательский институт ядерной физики
им. Д.В. Скобельцына
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

DOI: 10.7868/50044394819020026

Американская космическая обсерватория, созданная по проекту “Deep Space Climate Observatory” (обсерватория исследования космической погоды, сокращенно “DSCOVR”, произносится: “Дискавер”), была запущена в 2015 г. на околоземную орбиту. Она предназначена для наблюдения Земли и регистрации солнечного ветра в целях исследования космической погоды (ЗиВ, 2000, N 3). Для достижения этих целей используется комплекс научной аппаратуры, состоящий из шести приборов. Это – совместный проект NASA и NOAA (Национальное управление океанических и атмосферных исследований – официальный источник прогнозов и предупреждений о космической погоде при правительстве США). В течение трех лет обсерватория проводит наблюдения Земли и изучает солнечный ветер. Получены первые результаты.



ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ СОЛНЦА НА ЗЕМЛЮ

В 1859 г. британский астроном Ричард Кэррингтон наблюдал многочисленные пятна и вспышки на Солнце.

1 сентября 1859 г. им была зафиксирована самая яркая вспышка из всех, что он когда-либо видел. Она вызвала крупный корональный выброс массы, достигший Земли за 18 часов и ставший причиной мощнейшей за всю

историю наблюдений геомагнитной бури. По всему миру (в том числе и на экваториальных широтах) наблюдались северные сияния; в Европе и Северной Америке отказали телеграфные системы; нарушилась связь. Это происшествие получило название “событие Кэррингтона”, или “солнечный супершторм” (ЗиВ, 2004, № 5; 2011, № 5). Но и тогда связь между геомагнитными бурями на Земле и солнечной активностью еще не была очевидна. В 1892 г. великий английский физик У. Томпсон (лорд Кельвин) ошибочно утверждал: “Предположение о связи земных магнитных бурь с пятнами на Солнце не имеет под собой реальных оснований. Совпадение периодов – чистая случайность”.

Первые прямые измерения солнечного ветра за пределами магнитосферы были выполнены в 1959 г. группой советских ученых под руководством Константина Иосифовича Грингауза (1918–1993) – заведующе-

го лабораторией Радиотехнического института Академии наук СССР, с 1971 г. – руководитель Лаборатории межпланетной и околопланетной плазмы ИКИ АН СССР. Начиная с 1956 г., К.И. Грингауз руководил разработкой приборов для исследования ионной компоненты ионосферы Земли. Созданная в его лаборатории аппаратура успешно работала на автоматических межпланетных станциях (АМС) “Луна-1” (январь 1959 г.), “Луна-2” (сентябрь 1959 г.), “Луна-3” (октябрь 1959 г.) и “Венера-1” (февраль 1961 г.). С помощью ионных ловушек были измерены некоторые параметры идущей от Солнца плазмы: например, величины потоков частиц. Первые измерения межпланетной плазмы были проведены на

*По всему миру
наблюдались северные
сияния; в Европе и Северной
Америке отказали
телеграфные системы;
нарушилась связь. Это
происшествие получило
название “событие
Кэррингтона”, или
“солнечный супершторм”*

АМС “Луна-1”, но тогда еще не было понятно, являются ли измеренные потоки постоянно исходящими от Солнца или это следствие выброса частиц из магнитосферы Земли. Повторные измерения, проведенные с помощью АМС “Луна-2”, дали ответ на этот вопрос. Путь станции от Земли до Луны можно разделить на три этапа. На первом из них (от момента включения аппаратуры до удаления аппарата от Земли на 20 000 км) были зарегистрированы холодные ионы атмосферного происхождения; эту область называли “плазмосфера”. На втором – от 20 000 до 110 000 км – обнаружены электроны, и эта область хвоста магнитосферы получила название “плазменный слой”. Третий этап, на котором работали приборы (от 300 000 км до падения на Луну), был выбран так, чтобы понять, есть ли у Луны газовая оболочка. Здесь ионные ловушки регистрировали потоки частиц, которые не изменялись при приближении аппарата к Луне. Таким образом, был сделан вывод о том, что у Луны

нет магнитосферы и атмосферы, а эта плазма имеет солнечное происхождение и непрерывно истекает от Солнца. Следующие эксперименты, выполненные на АМС “Луна-3” и “Венера-1”, подтвердили этот вывод. Так началась эра исследования солнечного ветра посредством прямых измерений.

“Событие Кэррингтона” – не единственная солнечная буря, ставшая причиной широкого интереса к космической погоде. Геомагнитная буря (или “Квебекское событие”), произошедшая 13–14 марта 1989 г., привела к нарушениям в энергосистеме Квебека (провинция Канады). Колебания магнитного поля Земли, вызванные солнечной вспышкой, спровоцировали срабатывание

Таблица 1

Перечень основных космических аппаратов, оборудованных инструментами для наблюдения за Солнцем и солнечным ветром

Название	Заказчик	Время работы
“Wind”	NASA	начиная с 1994 г.
“Интербол-1”	Россия, Чехия, ESA	1995–2000 гг.
“SOHO”	ESA, NASA	начиная с 1996 г.
“ACE”	NASA	начиная с 1997 г.
“STEREO-A” и “STEREO-B”	NASA	начиная с 2006 г. (STEREO-A), 2006–2016 гг. (STEREO-B)
“Дискавер” (“DSCOVR”)	NASA, NOAA	начиная с 2015 г.
“Паркер” (“Parker Solar Probe”)	NASA	начиная с 2018 г.
“Solar Orbiter” (SolO)	ESA и NASA	запуск запланирован на 2020 г.
“Интергелиозонд”	Россия	запуск перенесен на 2025 г.

защитных механизмов линий электропередачи, что привело к общей энергетической неисправности, продолжавшейся более 9 часов. На всей Земле происходили нарушения высокочастотной радиосвязи, были зарегистрированы сбои в работе космических аппаратов. Полярные сияния во время бури наблюдались вплоть до широты Мексиканского залива.

Столь мощные магнитные бури происходят редко, но частые вспышки на Солнце порождают множество магнитных бурь – достаточно сильных для того, чтобы вызвать сбои в работе спутников,

в электросетях и в системах навигации и глобального позиционирования GPS (например, недавняя буря, случившаяся 8 сентября 2017 г.). Поэтому так важно уметь прогнозировать события такого рода, а для этого необходимы современные системы мониторинга солнечной активности. Человечество уже запустило много космических аппаратов, предназначенных для наблюдений за Солнцем и солнечным ветром (см. табл. 1), но история проекта “Дискавер” особенно интересна.

ЗАМЫСЕЛ ПРОЕКТА “ТРИАНА”

Проект “Дискавер” (“DSCOVR”), возможно, возник в тот самый момент, когда в декабре 1972 г. люди впервые увидели во всей красе свой дом – знаменитый снимок полного диска Земли (также известный как “Blue Marble” – “голубой мрамор” или “голубой шар”), сделанный с борта космического корабля “Аполлон-17” во время полета на Луну. Эта фотография появилась весьма кстати – в тот период экологические проблемы стали глобальными и об их преодолении заговорили в мире; этот образ способствовал развитию планетарного сознания и зарождению глобальных движений по защите окружающей среды. Недаром именно он стал символом Международного дня Земли, который, начиная с 1970 г., празднуется 22 апреля в Америке, а с 1990-х гг. отмечается и в России. В 1970-х гг. вдохновленный воздействием этого эпохального снимка вице-президент США (1993–2001) Альберт Гор мечтал о спутнике, который бы передавал изображения Земли через Интернет – для того чтобы каждый мог увидеть нашу планету, которую мы должны беречь и защищать от угрозы уничтожения.

Фотографии Земли действительно могут впечатлять и вдохновлять



Диск Земли. Знаменитый снимок получен 7 декабря 1972 г. экипажем КК "Аполлон-17" с расстояния 29 тыс. км от планеты. Фото NASA

людей, но для того чтобы создать космический аппарат для съемки планеты с большого расстояния и запустить его, этого недостаточно. Такой проект должен был выполнять и научные задачи. Снимок всей Земли позволяет измерить ее полное альbedo (отношение отраженного планетой излучения к падающему на нее), но это трудно или даже невозможно сделать, если изображение составлено из разных снимков. Зная альbedo, можно определить количество тепла, которое Земля получает от Солнца. Эти данные важны для изучения глобального потепления – процесса, который существенно влияет на климат. В 2007 г. Альберт Гор стал лауреатом Нобелевской премии мира: она была присуждена Межправительственной группе экспертов по изменению климата (IPCC) "за их усилия по сбору, анализу и распространению огромного объема информации о влиянии человека на изменения климата на Земле и обоснование тех мер, которые необходимы для противодействия таким изменениям". На встрече вице-президента А. Гора с директором NASA Дэниэлом Голдином (приблизительно в 1998 г.) последний сказал, что агентство может воплотить его мечту менее чем за 100 млн долларов. Проект

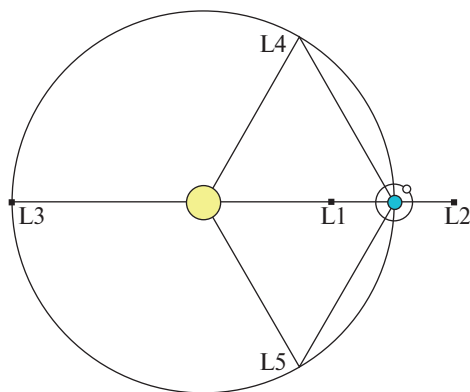
получил имя "Триана" (в честь Родриго де Триана – испанского моряка, первым увидевшего Новый Свет с корабля Христофора Колумба) и прозвище, образованное от имени инициатора, "Горесат" (спутник Гора).

ПРОЕКТ "ТРИАНА" ТРАНСФОРМИРУЕТСЯ В "ДИСКАВЕР"

Итак, NASA приняло вызов А. Гора и к началу 2001 г. создало спутник "Триана" для наблюдения Земли; он должен был отправиться в точку Лагранжа L1 на линии Земля–Солнце, на расстояние приблизительно в 1,5 млн км от Земли (солнечный ветер преодолевает это расстояние примерно за 25–60 мин). Главная задача "Трианы" – фотографирование и исследование компонент земной поверхности и атмосферы: например, уровней озона и аэрозолей, облачного покрытия и плотности растительности; вторичная – наблюдение за Солнцем и солнечным ветром (взамен устаревающего спутника "ACE", запущенного NASA в рамках программы "Эксплорер" в точку L1 в 1997 г.).

В начале 2000-х гг. NASA поддерживало исследования в области наук о Земле. В одном из рекламных видео агентство предположило, что миссия по наблюдению за планетой не ограничится "Трианой": последующий спутник будет отправлен в точку L2, находящуюся на расстоянии в 1,5 млн км от Земли в направлении от Солнца, где он сможет постоянно контролировать теневую половину нашей планеты. С помощью этих двух спутников специалисты смогли бы непрерывно наблюдать весь земной шар.

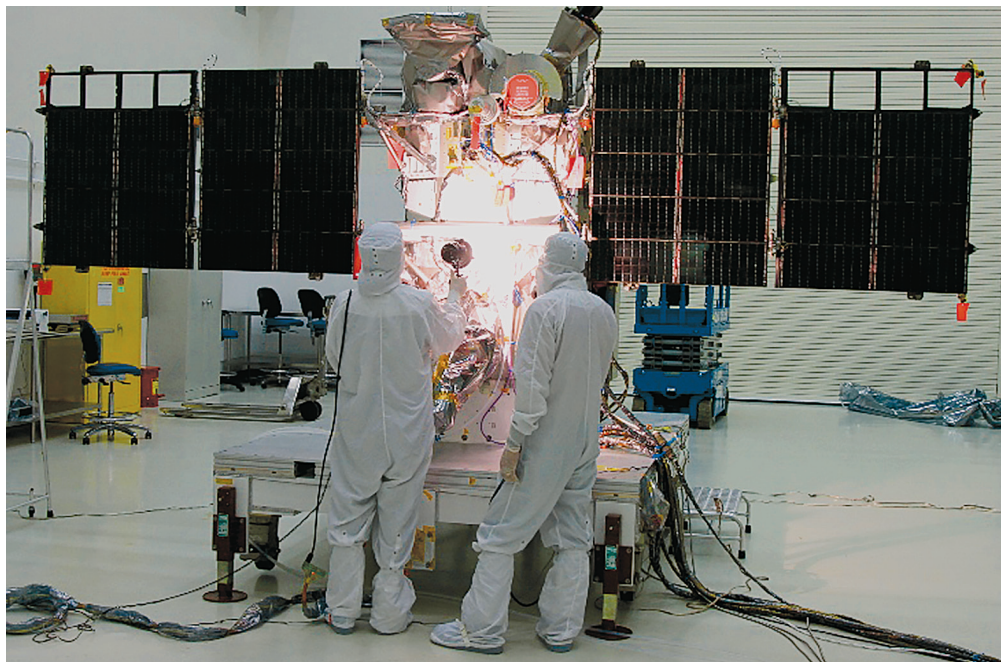
Положение точек Лагранжа на линии Земля–Солнце: L1 и L2 находятся на расстоянии 1,5 млн км от Земли, L4 и L5 – в 150 млн км от Земли, L3 – в 300 млн км от Земли



Но в 2000 г. А. Гор проиграл президентские выборы, к власти пришли республиканцы во главе с Джорджем Бушем и запуск КА “Триана” был приостановлен. “Мы готовились перевести его на стартовую площадку, когда нам сообщили это”, – посетовал ведущий инженер по механическим системам “Трианы” Джулио Розанова. Спутник стоимостью 100 млн долларов поместили в хранилище Центра космических полетов им. Р. Годдарда NASA. Миссия оказалась в состоянии “бюрократической неопределенности”. Приблизительно в 2003 г. NASA переименовало проект “Триана” в “Deep Space Climate Observatory” (“DSCOVR”), или

“Дискавер”, но космический аппарат по неизвестной причине продолжал оставаться в хранилище (его планировалось запустить в январе 2003 г. на борту КК “Колумбия” (STS-107), потерпевшего впоследствии аварию; ЗиВ, 2003, № 5, с. 59–61). Во время правления администрации Буша проект стал политически уязвимым в основном из-за

Космическая обсерватория “Дискавер” (“DSCOVR”) в чистой комнате в Центре космических полетов им. Р. Годдарда. Фото NASA



связи космического аппарата с демократами. Официальное обоснование задержки отправки спутника в космос заключалось в том, что дорогостоящее строительство Международной космической станции обладало более высоким приоритетом. Так или иначе, но готовый космический аппарат “пылился в шкафу” 7 лет.

В 2008 г. Комитет по уменьшению воздействия на окружающую среду (CSESМО) постановил, что проект “DSCOVER” является оптимальным решением, удовлетворяющим требованиям к миссии по изучению космической погоды NOAA и BBC США, а также потребностям NASA в области наук о Земле. Федеральный законопроект о бюджете на 2009 г. содержал 9 млн долларов, специально предназначенных для “...восстановления “DSCOVER”, обеспечения полета и оперативной готовности приборов к работе над проблемами в области наук о Земле”. В конце 2009 г. группа из 15 техников и инженеров произвела полную проверку компонентов космического аппарата “Дискавер” и нашла его в отличном состоянии. К тому времени инструменты EPIC и NISTAR, специализированные для геофизических исследований, были модернизированы и готовы к полету. Однако цель проекта изменилась: приоритетной задачей стала замена устаревающего КА “ACE”, разработанного для исследований космического пространства и наблюдений за состоянием солнечного ветра. Мониторинг Земли стал его второстепенной задачей. В результате проект “Триана” получил новую жизнь и новое имя – “Дискавер” (“DSCOVER”).

Комитет по уменьшению воздействия на окружающую среду (CSESМО) постановил, что проект “DSCOVER” является оптимальным решением, удовлетворяющим требованиям к миссии по изучению космической погоды NOAA и BBC США, а также потребностям NASA в области наук о Земле

ЗАПУСК И ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Несмотря на то что финансирование возобновилось, запуск космической обсерватории “Дискавер” несколько раз откладывался, и в итоге ее старт с помощью ракеты-носителя “Falcon-9” частной компании “SpaceX” состоялся 11 февраля 2015 г. Обсерватория благополучно отправилась в путешествие, выйдя на первоначальную околоземную орбиту высотой $187 \times 1\,371\,156$ км и наклоном 37° . В течение 110 сут она двигалась в направлении к точке

L1 и прибыла туда в начале июня 2015 г. Первая фотография Земли, сделанная с помощью прибора EPIC из точки L1, появилась 6 июля 2015 г. Все данные, полученные “Дискавер” с помощью инструмента PlasMag, начиная с июля 2016 г. находятся в сети, в свободном доступе.

Будущее проекта “Дискавер” стало неопределенным после прихода к власти в США республи-

канцев – исследования в области наук о Земле снова “попали в немилость”. Вскоре после выборов 2016 г. советник Д. Трампа сказал, что президент намерен сократить исследования NASA в области изучения климатических изменений. В новом бюджете страны приоритет был отдан исследованию Марса и поиску внеземной жизни на далеких планетах.

Четырем миссиям NASA в области наук о Земле грозило лишение финансирования: под закрытие попадали проекты “PACE” (Plankton, Aerosol, Cloud and ocean Ecosystem – планктон, аэрозоль, облака и экосистема океана), “OCO-3” (“Орбитальная углеродная



Запуск ракеты-носителя “Falcon-9” с космической обсерваторией “Дискавер” на борту. Космодром Канаверал, 11 февраля 2015 г. Фото NASA

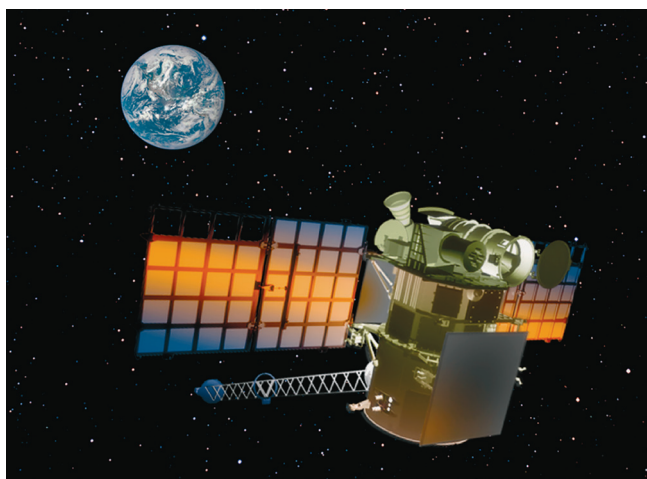
обсерватория-3”), “CLARREO” (Climate Absolute Radiance and Refractivity Observatory – климатическая обсерватория абсолютного излучения и отражения) и “Дискавер”. Планировалось, что космическая обсерватория “Дискавер” по-прежнему будет предоставлять данные, предназначенные для раннего предупреждения о явлениях, вызванных солнечной активностью (воздействия которых на нашу планету могут потенциально привести к повреждению земной инфраструктуры). Но сокращение финансирования грозило двум из инструментов “Дискавер” – EPIC и NISTAR. В марте 2018 г. Конгресс сохранил финансирование программы, однако выделение бюджетных средств

на 2019 г. еще не подтверждено. Что касается других проектов – они тоже пока финансируются, и работа над ними продолжается.

Авторы статьи надеются, что приборы EPIC и NISTAR продолжают свою работу, ведь они позволяют нам больше узнать о родной планете.

НАУЧНАЯ АППАРАТУРА “ДИСКАВЕР”

Космическая обсерватория “Дискавер” размером $1,37 \times 1,83$ м и массой 570 кг (запас топлива и газов – 140 кг) оснащена двумя двухсекционными жестко закрепленными панелями солнечных батарей. Для нацеливания солнечных батарей используются 6 солнечных датчиков. Также космический аппарат оснащен системой ориентации и определения положения в пространстве



Космическая обсерватория "Дискавер" ("DSCOVR") в точке Лагранжа L1 на линии Земля–Солнце, расположенной в 1,5 млн км от нашей планеты. Рисунок NASA

относительно звезд (звездный датчик, гироскопы); системой управления полетом (32-разрядный компьютер Power PC/6000); исполнительными механизмами (система из четырех маховиков, приводимых в движение бесщеточными двигателями постоянного тока); бортовым накопителем данных емкостью 2,6 Гбит; энергонезависимой памятью и системой связи S-диапазона.

На космической обсерватории "Дискавер" установлено шесть научных приборов: цилиндр Фарадея, плазменный магнитометр, спектрометр электронов ES, радиометр NISTAR, анализатор высоты импульсов РНА и полихроматическая фотокамера EPIC.

Температура, плотность, скорость и направление ионов солнечного ветра измеряются с помощью цилиндра Фарадея,

построенного Массачусетским технологическим институтом и управляемого Гарвардско-Смитсоновским центром астрофизики и Мичиганским университетом в Анн-Арборе (параметры для него, принятые за необходимые для успешного осуществления миссии, представлены в табл. 2). Цилиндры Фарадея – одни из первых инструментов, созданных для изучения плазмы солнечного ветра. К числу важных их преимуществ относятся длительный срок службы и высокое разрешение по времени.

На двух межпланетных станциях "Вояджер" (США), запущенных в 1977 г. (ЗиВ, 1978, № 2; 2005, № 4), также есть цилиндры Фарадея, однако современные их аналоги улучшены. Два цилиндра Фарадея установлены на КА "Wind". На нем одно измерение параметров солнечного ветра занимает 92 секунды. Одной из наиболее высоких скоростей обладает плазменный спектрометр БМСВ (быстрый монитор солнечного ветра), разработанный ИКИ РАН совместно с Карловым университетом (Чехия); установлен на космической обсерватории "Радиоастрон" (КА "Спектр-Р"; ЗиВ, 2000, № 4; 2011, № 6, с. 17–18) в рамках международной миссии "Плазма-Ф". С его помощью параметры ионов космической плазмы измеряются с частотой 32 раза в секунду.

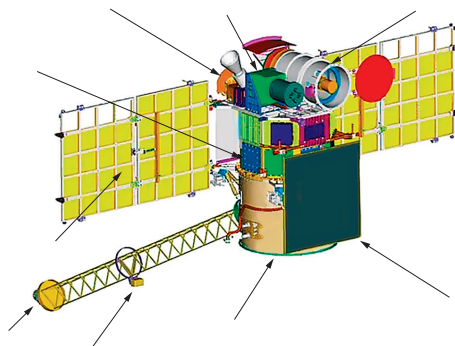


Схема расположения научных приборов и бортовых систем на космической обсерватории "Дискавер". Рисунок NASA

Таблица 2

Основные параметры цилиндра Фарадея, магнитометра и спектрометра электронов

Параметр	Значения, требуемые для выполнения программы
----------	--

Цилиндр Фарадея

Диапазон измерения скорости	200–1250 км/с
Точность измерения скорости	20%
Диапазон измерения плотности	1–100 см ⁻³
Точность измерения плотности	20%
Диапазон измерения температуры	40 тыс. – 2 млн К
Точность измерения температуры	20%
Частота измерений	0,0167 Гц

Плазменный магнитометр

Диапазон измерения магнитного поля	0,1–100 нТл*
Точность измерения магнитного поля	± 1 нТл
Частота измерения магнитного поля	0,0167 Гц

Спектрометр электронов

Диапазон измерения энергии	5 эВ – 1 кэВ
Частота измерения энергии	0,0167 Гц

* *Примечание.* С учетом погрешности, нижней границей будет 1 нТл.

Планировалось, что цилиндр Фарадея обсерватории “Дискавер” будет измерять параметры протонов в солнечном ветре с частотой, по крайней мере, один раз в секунду; однако при наблюдении высокоскоростного потока в начале октября 2015 г. были обнаружены неполадки, вызвавшие в “зашумлении”

данных. Это привело к задержке ввода прибора в эксплуатацию и снижению частоты выложенных в открытый доступ данных – до одного раза в 20 секунд. Предпринимались попытки преодолеть возникшие трудности за счет усовершенствования алгоритмов первичной обработки результатов измерений и калибровок. После того как данные о солнечном ветре, полученные с помощью “Дискавера”, стали появляться на разрабатанном NOAA сайте (<https://www.ngdc.noaa.gov/dscovr/portal/index.html#/>), были изменены диапазоны измерений (см. табл. 3). Авторы статьи сравнивали данные, полученные с помощью цилиндра Фарадея, с 1-минутными данными, представленными в широко известной базе OMNIWeb (<https://omniweb.gsfc.nasa.gov/>), которые представляют собой компиляцию наблюдений на нескольких аппаратах (в последние годы это “Wind” и “ACE”). Данные по скорости (наиболее надежно измеряемый параметр) оказались обычно близки, но наблюдались труднообъяснимые расхождения в значениях плотности и в особенности температуры солнечного ветра.

Какова текущая ситуация с цилиндром Фарадея? Согласно докладу Дугласа Байсекера (NOAA) на прошедшем в апреле 2018 г. совещании, у этого прибора есть проблемы с аппаратурой, которые приводят к появлению фоновых шумов, но надежда вычистить последние за счет внесения дальнейших поправок в программное обеспечение остается.

Цилиндр Фарадея, работающий на борту обсерватории “Дискавер”, является предшественником аналогичного прибора, установленного на АМС “Паркер” (Parker Solar Probe – солнечный зонд им. Ю. Паркера, запущен 12 августа 2018 г.). С его помощью на этом КА будут проводиться измерения параметров солнечной плазмы с частотой 100 раз в секунду. Руководитель

Таблица 3

Максимальные и минимальные значения температуры T , плотности n и скорости v , измеряемых с помощью цилиндра Фарадея “Дискавер”

Дата	$T_{\min}$, К	$T_{\max}$, К	$n_{\min}$, см ⁻³	$n_{\max}$, см ⁻³	$v_{\min}$, км/с	$v_{\max}$, км/с
До 26 октября 2016 г. включительно	35 529	$7,9497 \times 10^7$	0,2178	221,19	169	1516
Начиная с 27 октября 2016 г.	2000	2×10^6	1	100	189	1111

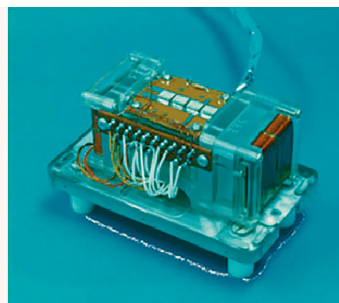
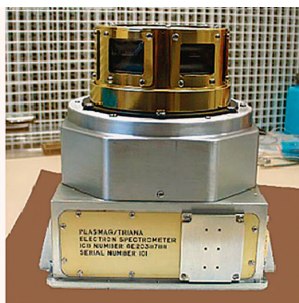
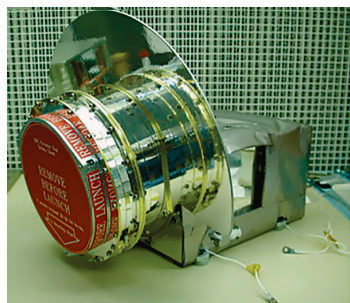
коллектива разработчиков прибора для обеих миссий – Джастин Каспер из Мичиганского университета; он занимался созданием цилиндра Фарадея для проекта “Триана” в лаборатории Алана Лазаруса (Массачусетский технологический институт) с 1999 г.

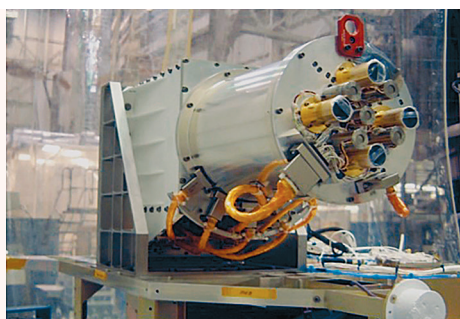
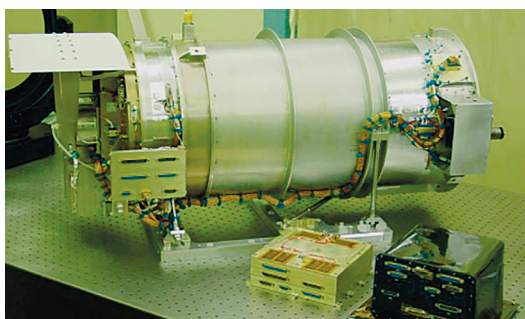
Плазменный магнитометр комплекса *PlasMag* измеряет три компоненты вектора магнитного поля. Его основные характеристики указаны в табл. 2. С его помощью получают данные с частотой 50 раз в секунду, что намного лучше по сравнению со спутниками “Wind” – 11 раз в секунду и “ACE” – 6 раз в секунду. Но это не предельное значение, достигнутое к настоящему времени. Частота измерений магнитометра, установленного на АМС “Паркер”, – свыше 250 раз в секунду.

Спектрометр электронов (Electron Spectrometer, ES; или Electron Electrostatic Analyzer – электростатический детектор

электронов), как и магнитометр, был разработан в Центре космических полетов им. Р. Годдарда NASA. Он регистрирует электроны солнечного ветра: определяет их энергетический спектр и направление движения. В настоящее время еще не ясна роль электронов в механизмах нагрева и ускорения солнечного ветра. Для этой задачи предназначено всего несколько приборов: например, установленные на космических аппаратах “Wind”, “ACE” и “STEREO” (ЗиВ, 2007, № 2); поэтому работа электронного спектрометра позволит узнать больше о солнечном ветре. Электронный спектрометр должен был находиться на конце штанги, рядом с магнитометром – для того чтобы его полю зрения была доступна вся небесная сфера, но прибор пришлось переместить на корпус обсерватории (чтобы он не создавал помех в измерениях магнитного поля), и его поле зрения уменьшилось.

Научная аппаратура комплекса *PlasMag*: цилиндр Фарадея, спектрометр электронов и магнитометр. Космическая обсерватория “Дискавер”. Фото NASA





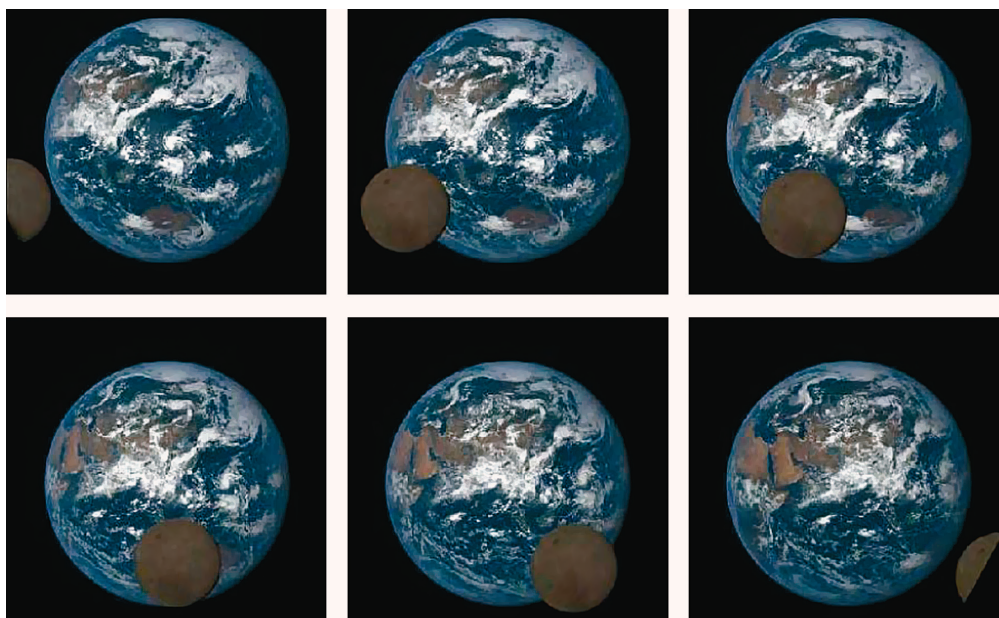
Научные приборы, установленные на космической обсерватории "Дискавер": фотокамера EPIC и радиометр NISTAR. Фото NASA

Радиометр NISTAR Национального института стандартов и технологий США включает в себя четыре детектора: три активных резонансных радиометра и один кремниевый фотодиодный канал. Прибор измеряет абсолютную освещенность Земли, суммированную по всей ее поверхности, обращенной к Солнцу, по 4-м каналам ежеминутно, с точностью порядка 0,1%. Каналы А, В и С определяют мощность исходящего от Земли полного излучения в ультрафиолетовой, видимой и дальней инфракрасной областях спектра (А: 0,2–100 мкм, В: 0,2–4 мкм, С: 0,7–1,1 мкм). Фотодиодный канал (от 0,2 мкм до 1,1 мкм) используется для калибровки прибора. Данные, полученные с помощью этого прибора, должны помочь нам понять, как и почему происходят глобальные изменения климата нашей планеты и насколько велико влияние антропогенного фактора.

Цель *анализатора высоты импульсов* (Pulse Height Analyzer, PHA) – следить за воздействием частиц высокой энергии (тяжелых ионов) на электронику космических аппаратов. Этот инструмент создан в Центре космических полетов им. Р. Годдарда. Он представляет собой небольшой маломощный спектрометр линейной передачи энергии (High Linear Energy Transfer Radiation Spectrometer,

HiLRS) и предназначен для оценки воздействия одиночных событий на микроэлектронику обсерватории в космической среде. Линейная передача энергии – это физическая характеристика качества ионизирующего излучения, представляющая собой величину средней энергии, которую вещество может получить от налетающей заряженной частицы на единицу ее пути. Такой анализатор измеряет энергию, заряд и массу ионизирующих частиц.

Полихроматическая фотокамера для наблюдения Земли (The Earth Polychromatic Imaging Camera, EPIC) с апертурой диаметром 30,5 см представляет собой 10-канальный спектрорадиометр для наблюдений в диапазоне волн от ближнего ультрафиолетового (317 нм) до ближнего инфракрасного (780 нм). Камера EPIC позволяет получать цветные снимки Земли (видимый диаметр Земли из точки Лагранжа варьируется от 0,45° до 0,53°) и исследовать альбедо поверхности, уровни плотности озона и аэрозолей в атмосфере, высоту расположения облаков и площадь облачного покрова, а также вегетационный индекс (показатель количества фотосинтетически активной биомассы). "С помощью EPIC вы видите облачную структуру от восхода Солнца до заката", – прокомментировал качества инструмента его разработчик Джей Герман (Центр космических полетов им. Р. Годдарда NASA и Мэрилендский университет). Группа Дж. Германа получает впечатляющие изображения и может в режиме



Прохождение Луны перед Землей 5 июля 2016 г. (шесть фаз). Снимки получены с помощью фотокамеры EPIC на обсерватории "Дискавер". Фото NASA

реального времени наблюдать, как пыль из Сахары летит через Атлантику на Американский континент. Ученые также могут контролировать движение частиц – таких, как вулканический пепел и дым от пожаров. Например, исследователи смогли рассмотреть следы облаков над океаном, оставшиеся от выхлопных газов кораблей. Обработанные изображения, полученные с помощью EPIC, также находятся в сети в открытом доступе (<https://epic.gsfc.nasa.gov/>), а впечатляющие видео вращения Земли, смонтированные из этих снимков, можно посмотреть на сайте <http://blueturn.earth/>.

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

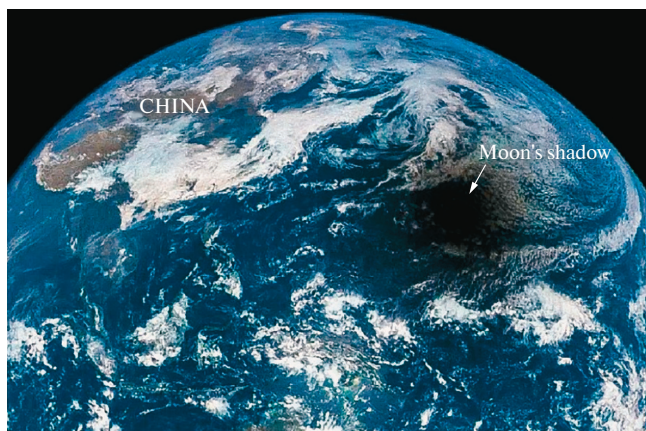
Космическая обсерватория "Дискавер", находящаяся в точке Лагранжа L1, уже три года отправляет на Землю данные, и многие научные группы опубликовали результаты исследований.

Например, американскими учеными (Ю. Янг и соавторы)¹ был предложен метод определения высоты верхней границы облачного покрова и толщины облаков над океаном с использованием фотокамеры EPIC. Калибровка камеры EPIC проводится с помощью наблюдений Луны, которая попадает в ее поле зрения каждые 2–3 месяца (И. Геогджаев и А. Маршак, NASA)². Например, 5 июля 2016 г. получены снимки прохождения

¹ Yang Y., Marshak A., Mao J., Lyapustin A., Herman J. A method of retrieving cloud top height and cloud geometrical thickness with oxygen A and B bands for the Deep Space Climate Observatory (DSCOVR) mission// J. Quant. Spectrosc. Radiat. Trans., 2013. V.122. P. 141–149; DOI:10.1016/j.jqsrt.2012.09.017.

² Geogdzhayev I., Marshak A. Calibration of the DSCOVR EPIC visible and NIR channels using MODIS and EPIC lunar observations// Atmos. Meas. Tech., 2018. V. 11. P. 359–368; <https://doi.org/10.5194/amt-2017-222>.

Тень Луны (указана стрелкой), отбрасываемая на Землю во время полного солнечного затмения 9 марта 2016 г. Снимок сделан с помощью фотокамеры EPIC на космической обсерватории "Дискавер". Фото NASA



Луны перед Землей, 9 марта 2016 г. – тени Луны на диске Земли во время полного солнечного затмения.

В 2018 г. была опубликована статья, посвященная дневным и сезонным вариациям отражательной способности Земли, обусловленным движением облачных масс и вращением Земли вокруг своей оси³; проанализирован состав и области распространения пылевых облаков⁴, а также вулканических выбросов⁵. Другие спутники дистанционного зондирования Земли находятся на низких околоземных орбитах, и ученые не имеют возможности наблюдать целиком все полушарие планеты, тогда как EPIC дает возможность получать снимки всего диска Земли каждые 1–2 часа.

Такая информация имеет большое значение не только для составления точных метеорологических прогнозов и обеспечения безопасности авиационных перелетов, но и для лучшего понимания глобальных процессов, происходящих в атмосфере Земли. Наблюдения, выполненные с помощью EPIC, также используются как опорные в изучении экзопланет. На примере Земли изучается, как на вариации исходящего от планеты излучения влияют такие ее параметры, как период вращения, покрытие облаками, тип поверхности (вода или суша) и возможное наличие растительности.

Данные о плазме солнечного ветра, получаемые с помощью приборного комплекса PlasMag, также используются учеными в работе. Например, исследовательская группа под руководством В.В. Калегаева (НИИЯФ им. Д.В. Скобельцына) использовала данные, полученные с помощью "ACE" и "Дискавер", для определения положения магнитопаузы Земли, с докладом об этом на 42-й научной ассамблее КОСПАР выступила В.О. Баринава. Там же представили свои доклады и зарубежные ученые: о наблюдениях серии необычных вспышек на Солнце в сентябре 2017 г. (С. Сяо и др., Китай; Л. Дорман и др., Израиль, Болгария), о предсказании

³ Yang W., Marshak A., Varnai T., Knyazikhin Yu. EPIC spectral observations of the variability in Earth's global reflectance// Remote Sens., 2018. V.10(2). P. 254; DOI:10.3390/rs10020254.

⁴ Xu X., Wang J., Wang Y., Zeng J., Torres O., Yang Y., Marshak A., Reid J., Miller S. Passive remote sensing of altitude and optical depth of dust plumes using the oxygen A and B bands: First results from EPIC/DSCOVR at Lagrange-1 point// Geophys. Res. Letters, 2017. V. 44. P. 7544–7554; DOI: 10.1002/2017GL073939.

⁵ Carn S., Krotkov N., Fisher B., Li C., Prata A. First observations of volcanic eruption clouds from the L1 Earth-Sun Lagrange point by DSCOVR/EPIC// Geophys. Res. Letters, 2018. V. 45(20). P. 11456–11464; https://doi.org/10.1029/2018GL079808.

индекса геомагнитной активности Солнца (И. Желавская и Ю. Шприц, Германия), об изучении межпланетных ударных волн (А. Коваль и др., США; О. Гончаров и др., Россия, Чехия, США).

Несмотря на все трудности, благодаря уникальной научной аппаратуре и удачной локации, проект “Дискавер” уже

принес много интересных результатов. В их числе снимки Земли, позволяющие по-новому взглянуть на нашу планету. Авторы статьи надеются, что в будущем все вопросы решатся и ученые получат еще больше новых данных с помощью космической обсерватории “Дискавер”.

Информация

Темная материя в древней галактике

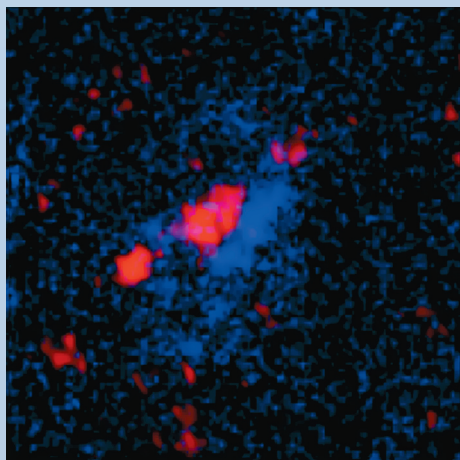
Накопление барионной и темной материй в галактиках в течение длительного времени – фундаментальное условие в моделях формирования галактик. Телескопические обзоры галактик в течение десятков лет показали, что почти у всех присутствует огромное количество темной материи; более того: ее в 5 раз больше, чем обычной во Вселенной. Однако несколько недавних исследований показали, что некоторые галактики не следуют этой схеме. Некоторые галактики, удаленные на 10 млрд св. лет от нас, не располагают ожидаемым объемом темной материи – следовательно в тот период галактики не вмещали много темной материи, но получили ее каким-то образом позже. Если это так, то придется пересмотреть научные взгляды на процесс их формирования.

Недавно астрономы Техасского университета, используя 10,4-метровый телескоп Кека на Гавайях, обнаружили в 9 млрд св. лет от Земли древнюю дисковую галактику DSFG850.95, содержащую чрезвычайно высокое количество темной материи (Зиб, 2009, № 5; 2010, № 1; 2012, № 5). Это открытие идет вразрез с существующими современными теориями о том, что представляла собой молодая Вселенная. Что именно вызвало такую аномалию и аномалия ли это – исследователям пока не известно.

Наблюдения показывают, что некоторые дисковые галактики (при красном смещении $z > 1$) имеют понижающиеся кривые вращения – в отличие от галактик с небольшим крас-

ным смещением, в которых кривые вращения звезд сглаживаются при больших радиусах. Галактика DSFG850.95 ($z = 1,555$), образовавшаяся 4,1 млрд св. лет после Большого взрыва, имеет плоскую кривую вращения между радиусами 6–14 кпк и долю темной материи $0,44 \pm 0,08$, аналогичную ее содержанию в Млечном Пути. Результаты расчетов показывают, что DSFG850.95, с высокой долей темной материи, относится к дисковым галактикам с низким красным смещением.

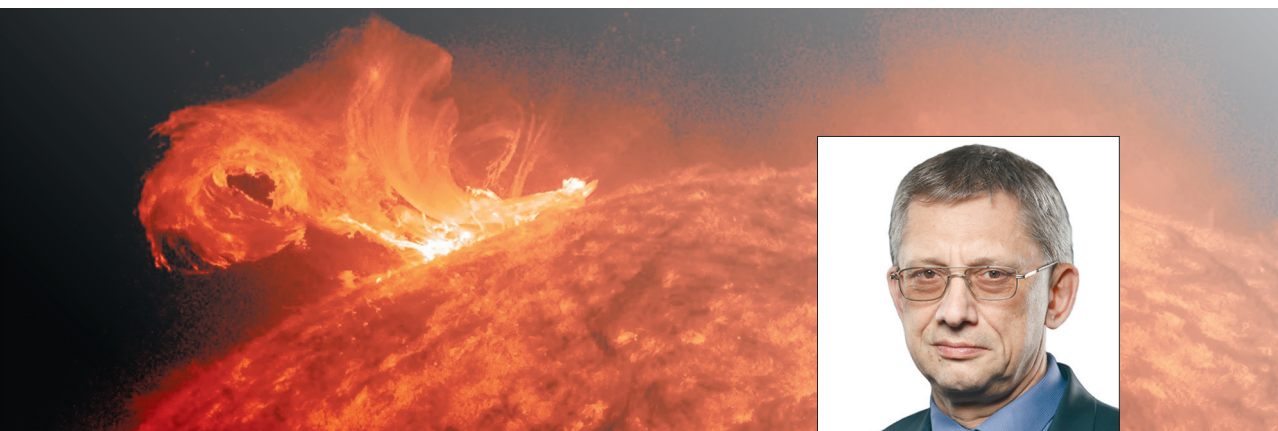
В результате этих исследований подтверждено то, что подобная ситуация в галактиках современной Вселенной складывалась и раньше. Для того чтобы получить больше сведений, ученые продолжают изучать это явление с помощью комплекса радиотелескопов ALMA в Чили.



Дисковая галактика DSFG850.95, находящаяся в 9 млрд лет от нас. В ней обнаружено аномально большое количество темной материи. Фото Обсерватории Кека (США)

Журнал “Astrophysical Journal”,
2018. Т. 869. № 1

КОМПЛЕКСЫ АКТИВНОСТИ НА СОЛНЦЕ



С.А. ЯЗЕВ,

доктор физико-математических наук
директор Астрономической обсерватории Иркутского государственного университета
старший научный сотрудник Института солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск

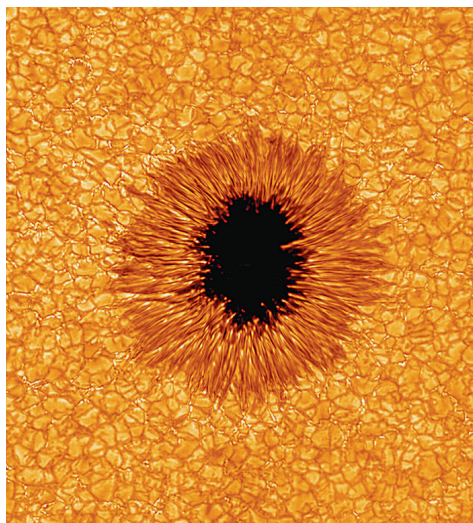
DOI: 10.7868/50044394819020038

Статистика образования пятен на Солнце позволяет выделить, по крайней мере, три уровня организации – группы пятен, активные долготы и комплексы активности. Если первые уровни давно и подробно описаны, то интерес к комплексам активности сформировался у гелиофизиков позднее. Некоторые вопросы к физике комплексов активности остаются до настоящего времени, тогда как именно эти структуры, судя по всему, представляют собой главный источник явлений и событий, воздействующих на природную среду Земли, – мощных рентгеновских вспышек, в том числе сопровождающихся выбросами коронального вещества. Статья посвящена этим важным объектам на Солнце.

УРОВНИ ОРГАНИЗАЦИИ СОЛНЕЧНЫХ ПЯТЕН

Комплексы активности – один из видов солнечной активности, связанный со структурной организацией групп пятен на Солнце. Этот аспект нашего светила не очень широко известен, поэтому для описания феномена комплексов активности (КА) потребуется вступление, посвященное солнечным пятнам.

Проявлений (видов) солнечной активности насчитывается много – один перечень их названий содержит десятки терминов. Тем не менее, основной и наиболее известный ее вид, несомненно, – солнечные пятна. Исторические хроники свидетельствуют о том, что их наблюдали еще в древности. Первые телескопические наблюдения Галилео Галилея в Италии, Иоганна Гольдшмидта (Фабрициуса) – в Голландии, Томаса Гарриота – в Англии



Пример симметричного солнечного пятна. В центральной части – темная тень, волокнистая каемка – полутень. Снимок получен солнечной обсерваторией Big Bear (Калифорния, США)

и Христофора Шейнера – в Германии привели к пониманию того, что пятна – это не многочисленные планеты в пространстве между Солнцем и Землей, иногда проецирующиеся на солнечный диск в виде темных компактных образований, а некие структуры на самом светиле. Этот важный вывод был сделан в начале XVII в. Уже первые систематические наблюдения выявили ряд следующих важных свойств солнечных пятен:

- наиболее темная центральная часть крупного пятна называется тенью пятна. Ее окружает менее темная каемка, в которой просматриваются радиальные волокна – полутень пятна;

- пятна, как правило, существуют в виде групп пятен. В одной группе может быть до нескольких десятков отдельных пятен, объединенных в единую систему;

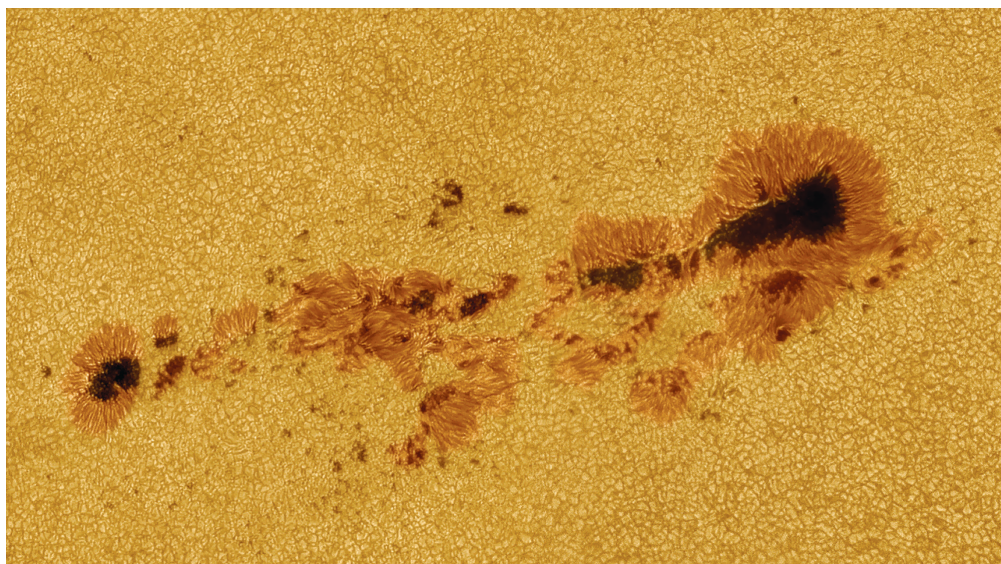
- группы пятен, как правило, существуют непродолжительное время – от

нескольких часов до нескольких суток. Однако бывают редкие случаи, когда одна и та же группа пятен наблюдается на протяжении двух-трех месяцев;

- скорость вращения Солнца вокруг своей оси, определяемая по пятнам на разных широтах, различается: вблизи экватора отмечено самое быстрое вращение, на более высоких широтах оно становится медленнее. Это значит, что пятна, образовавшиеся на разных широтах, дрейфуют друг относительно друга: экваториальные группы пятен смещаются “вперед” (в направлении вращения Солнца, или к западу), а высокоширотные группы пятен от них отстают, смещаясь “назад” (к востоку). Этот эффект получил название дифференциальное вращение Солнца, и он связан, конечно, не с пятнами – последние выступают в роли наиболее заметного репера этого явления.

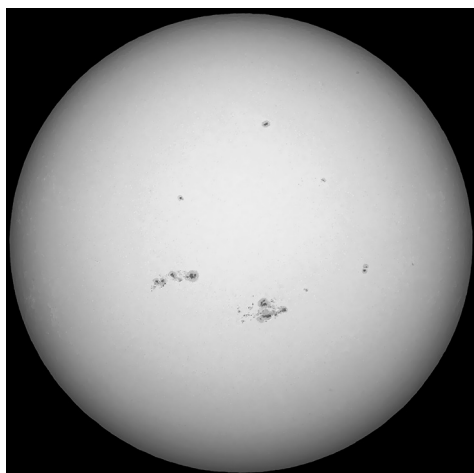
В XIX в. Генрих Швабе открыл цикличность солнечной активности. Оказалось, что число групп солнечных пятен регулярно меняется от нуля до порой высоких значений (14–18 групп), наблюдаемых на солнечном диске одновременно. Промежуток времени между соседними минимумами в среднем равен 11 годам, хотя отмечены и более, и менее продолжительные циклы (ЗиВ, 2001, № 2).

Наконец, еще одно важное открытие в 1908 г. сделал Джордж Эллери Хейл. В пятнах были обнаружены сильные локальные магнитные поля. Оказалось, что солнечное пятно – это сечение квазивертикального жгута силовых линий магнитного поля на уровне видимой поверхности Солнца – фотосферы. Поле в пятне подавляет конвекцию, поэтому внутри пятна температура несколько ниже, чем в окружающем пространстве (не 6000°, а примерно 4500°), и именно поэтому пятно выглядит более темным по сравнению с окружающим фоном.



Две сложные группы солнечных пятен: № 11785 (в правой части фотографии) и № 11787 (в левой части). Снимок выполнен 8 июля 2013 г. известным британским астрофотографом Дамианом Пичем

Группы пятен окружены яркими факелами, структура хромосферы вокруг пятен изменена, а в короне над пятнами в рентгеновском и ультрафиолетовом диапазонах спектра наблюдаются высокие петли магнитного поля, по которым течет плазма. Весь этот комплекс



связанных между собой явлений называется активной областью. Группа пятен – это далеко не вся активная область, а лишь ее своеобразный “скелет”.

Как располагаются активные области на солнечной поверхности? Уже наблюдения, проводившиеся в XVII в., показали, что группы пятен появляются не на всей поверхности солнечного шара, а исключительно внутри полосы шириной 60–70°, центрированной на экватор Солнца. Эта полоса получила название королевская зона. Первые пятна цикла активности появляются у ее высокоширотных границ в Северном и Южном полушариях. В течение цикла широта возникновения пятен постепенно уменьшается, последние из них формируются вблизи экватора. Эта закономерность известна как закон Шпёрера, названного в честь немецкого астронома Г.Ф.В. Шпёрера (1822–1895).

Пятна на диске Солнца, наблюдавшиеся 18 декабря 2014 г., в эпоху максимума 24-го цикла солнечной активности. Снимок В.В. Капленко (Астрономическая обсерватория Иркутского государственного университета)

Для изучения долготного распределения групп пятен на Солнце необходимо сначала определиться с соответствующей системой координат. Поскольку Солнце, как указано выше, вращается дифференциально (реперы на разных широтах совершают полный оборот вокруг оси вращения светила за разное время), это – нетривиальная задача. В гелиофизике принято пользоваться кэррингтоновской системой координат. Она аналогична системе географических координат на Земле (привязана к экватору), а скорость ее вращения относительно земного наблюдателя (один оборот в среднем за 27,3 сут) соответствует скорости вращения реперов на гелиографической широте 15° . На этой широте пятна формируются, как правило, в эпоху максимума цикла, когда их больше всего. Современные гелиосейсмологические исследования показали, что глубже дна конвективной зоны (около 200 тыс. км ниже уровня фотосферы) Солнце вращается как твердое тело именно с такой (кэррингтоновской) скоростью (ЗиВ, 2006, № 6). Далее

На некоторых долготах пятна возникают чаще, чем на других, либо там образуются более крупные пятна. Такие долготные интервалы преимущественного пятнообразования получили название "активные долготы"

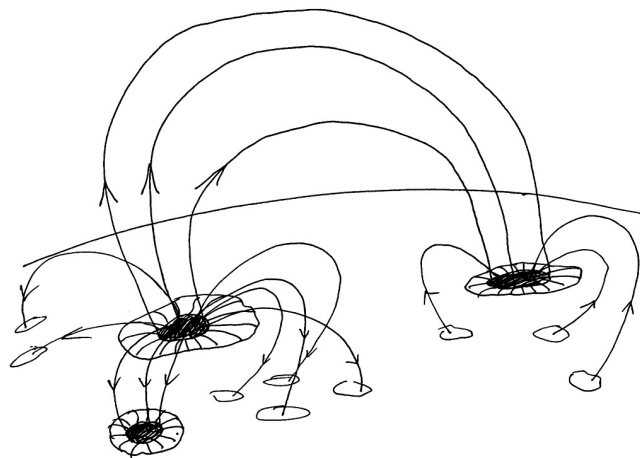
будем использовать солнечные кэррингтоновские обороты в качестве единицы измерения времени, как это принято в гелиофизике.

На первый взгляд, долготное распределение пятен на солнечной поверх-

ности должно быть равномерным: можно ожидать, что группа пятен с равной вероятностью может возникнуть на любой долготе. Однако оказалось, что это не так. Если, анализируя расположение пятен в кэррингтоновской системе координат, просуммировать в определенных долготных интервалах все их

группы, обнаруженные на протяжении одного или даже нескольких солнечных циклов, выявляется удивительный феномен: на некоторых долготах пятна возникают чаще, чем на других, либо там образуются более крупные пятна. Такие долготные интервалы преимущественного пятнообразования получили название активные долготы. Как правило, они располагаются на противоположных сторонах Солнца, в 180° друг от друга. Причина существования актив-

ных долгот окончательно не ясна до сих пор. Таким образом, группы солнечных пятен и активные долготы – это два хорошо известных уровня организации солнечной активности.



Пятна на Солнце – сечения трубок сильного локального магнитного поля. Силовые линии магнитного поля связывают между собой отдельные пятна и яркие области вокруг них – "факелы".
Рисунок автора

Но есть и третий, промежуточный, уровень иерархии пятенной активности. Речь идет о так называемых комплексах активности. К их описанию мы, наконец, и перейдем.

ПОНЯТИЕ КОМПЛЕКСА АКТИВНОСТИ

Исследования распределения пятен на поверхности Солнца показали, что иногда на одном и том же месте в кэррингтоновской системе координат пятна могут наблюдаться длительное время – по многу месяцев, а в отдельных случаях – больше года. Поскольку единичные группы пятен не обладают такой продолжительностью жизни, это означает, что по какой-то причине в одном и том же месте друг за другом практически непрерывно возникают новые и новые группы пятен. Анализ показал, что, как правило, это бывают наиболее крупные и сложные группы. Создается впечатление, что на Солнце существуют особые участки, где почему-то облегчено пятнообразование: именно здесь одна за другой всплывают из конвективной зоны порции магнитного потока, порождающие активные области.

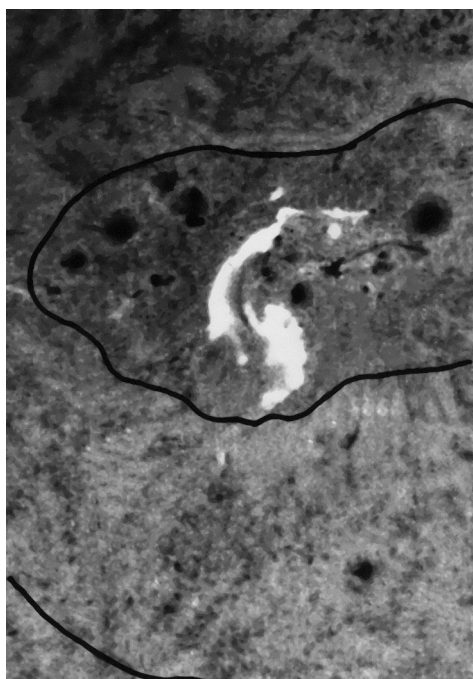
Понятие комплекса активности было впервые использовано в 1960-е годы Вацлавом Бумбой и Робертом Говардом по результатам изучения крупномасштабных магнитных полей Солнца. На протяжении ряда лет исследователи, как правило, считали синонимами понятия “комплекс активности” и “комплекс активных областей”, рассматривая несколько одновременно существующих близких друг к другу групп пятен, физически связанных единой

системой магнитных полей. При таком подходе упускалась из виду история – подчас на предыдущем солнечном обороте здесь тоже наблюдалась активная область. Новый подход, позволяющий анализировать развитие КА не только в пространстве, но и во времени, с учетом всей истории развития пятен на одном и том же месте, был заложен в Иркутске В.Г. Баниным в 1983 г. и продолжает развиваться его последователями, к которым причисляет себя и автор настоящей статьи.

В рамках такого подхода в КА выделяется ядро – зона пятнообразования, которая может существовать на протяжении нескольких солнечных оборотов. Формально ядром комплекса активности называется участок солнечной поверхности размером 20×20 гелиографических градусов, где на протяжении как минимум трех солнечных оборотов подряд наблюдается активность в виде пятен. Важным свойством ядер КА является то, что за время всего своего существования их положение не изменяется в кэррингтоновской системе координат. Хотя ядро КА может сформироваться и вблизи границы королевской зоны (в начале цикла), и вблизи экватора (в конце цикла), неизменность их координат означает, что ядра КА не подвержены действию дифференциального вращения. Вне зависимости от широты своего возникновения эта структура всегда вращается с кэррингтоновской скоростью.

Ядро КА – это его центральная часть, в некотором смысле подобная тени солнечного пятна (здесь магнитное поле, как и в тени пятна, преимущественно вертикально). Общая площадь КА, выделяемая на изображениях

Понятие комплекса активности было впервые использовано в 1960-е годы Вацлавом Бумбой и Робертом Говардом по результатам изучения крупномасштабных магнитных полей Солнца



Фрагмент центральной части комплексов активности. Яркая область – сильная солнечная вспышка 16 мая 1981 г. Внутренний контур – область вертикальных магнитных полей вокруг солнечных пятен, примерно соответствующая ядру КА; внешний контур – граница КА, охватывающая область квазигоризонтальных магнитных полей. Снимок получен автором 16 мая 1981 г. в красном крыле линии водорода H_{α} . Байкальская астрофизическая обсерватория ИСЗФ СО РАН

хромосферы по контуру внешней границы области возмущенной хромосферы, оказывается примерно вдвое больше площади ядра КА. В этой периферийной зоне КА, напоминающей полутень пятна, магнитное поле преимущественно горизонтально. Иногда внутри зоны возмущенной структуры хромосферы наблюдаются не одно, а два или три (в максимуме четыре) ядра. На изображениях, полученных в рентгеновском диапазоне, видно, что это единая физическая система, связанная высокими корональными петлями. Такие КА мы предложили называть многоядерными.

В ряде случаев возле КА (к западу или к востоку от него) наблюдаются индивидуальные активные области, связанные с ядром КА корональными петлями, что хорошо видно на снимках в рентгеновском диапазоне. Такие области называются ветвями КА. Их отличие от ядер заключается в том, что ветвь, во-первых, существует недолго (меньше одного солнечного оборота),

и, во-вторых, она подвержена дифференциальному вращению: ветвь КА вращается со скоростью, соответствующей “своей” широте, в результате за время своего существования она смещается по долготе, изменяя свое расстояние от ядра КА.

НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА КОМПЛЕКСОВ АКТИВНОСТИ

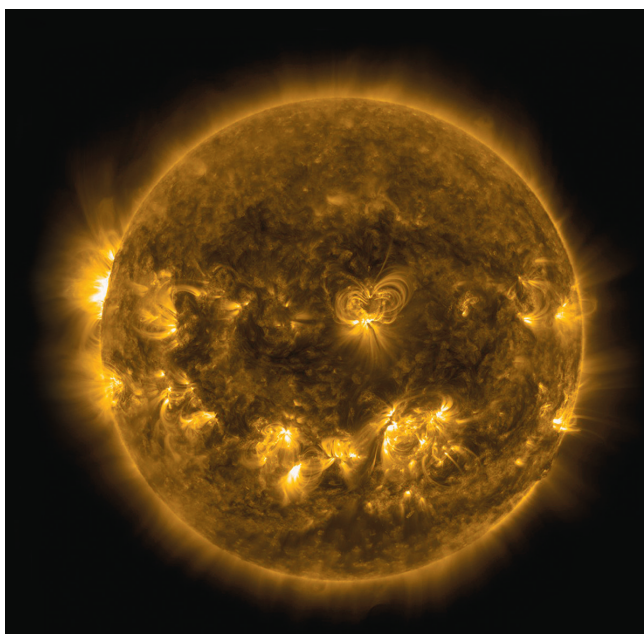
Рассмотрим некоторые свойства КА на примере текущего, 24-го цикла солнечной активности. В течение цикла наблюдалось 113 ядер КА. Первые небольшие КА возникли примерно через год после начала цикла, последние КА (судя по предыдущим циклам) исчезают за 1,5–2 года до очередного минимума солнечной активности. Наиболее часто наблюдаются ядра КА, существующие на протяжении 3–5 солнечных оборотов, реже – в течение 6–8 оборотов. Уникальный случай, когда ядро КА развивалось 17 оборотов подряд (почти полтора года!), отмечен в 23-м цикле.

В 24-м цикле менее половины КА (51) оказались одноядерными. Кроме того, отмечены 19 многоядерных КА, в числе которых были 12 двухядерных.

Солнце в рентгеновских лучах на длине волны 17,1 нм. Снизу на рисунке – трехядерный комплекс активности 11 сентября 2014 г. Снимок космической обсерватории "SDO". Фото NASA

Многоядерные КА развиваются следующим образом: сначала возникает первое ядро КА, через 1–2 солнечных оборота формируется второе ядро – как правило, в 30–40 географических градусах от первого. В большинстве случаев это происходит к западу от первого ядра. Еще через 1–2 оборота к западу от второго ядра может появиться третье ядро – такая цепочка актов появления новых ядер КА может иногда продолжаться и дальше. Реже возле существующего восточного ядра КА спустя несколько оборотов точнее возникает еще одно ядро. Как правило, новые западные ядра формируются ближе к экватору, новые восточные – дальше от него.

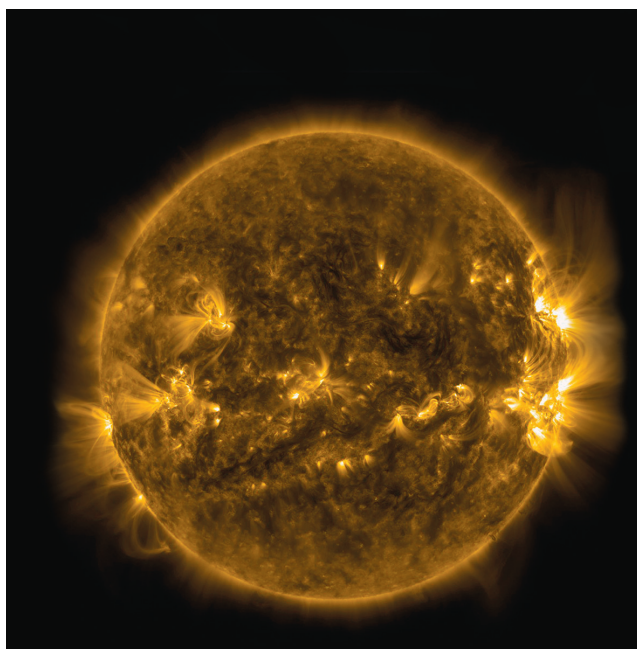
Обычно действует своеобразное правило "дополнительности": если в Северном либо Южном полушарии формируется КА, на тех же долготах через экватор других КА нет (хотя могут возникать индивидуальные активные области). Тем не менее иногда наблюдаются исключения: в одном и том же интервале долгот по разные стороны от экватора иногда формируются КА, соединенные корональными трансэкваториальными петлями. В течение 24-го цикла подобная ситуация наблюдалась всего 12 раз, в то время, как для 89 ядер КА не было сопряженных ядер КА по другую сторону экватора.



ГЕОЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМПЛЕКСОВ АКТИВНОСТИ

Выше уже отмечалось, что в ядрах КА, как правило, формируются наиболее крупные и многочисленные группы пятен, для которых типична сложная магнитная структура. Давно отмечено, что именно такие группы пятен наиболее опасны: здесь могут происходить сильные солнечные вспышки (ЗиВ, 2005, № 2).

Анализ показывает, что если рассмотреть популяцию вспышек, наиболее сильно воздействующих на земную природную среду (это события, сопровождающиеся появлением вблизи Земли потоков протонов с энергией выше 10 МэВ в количестве более 10 частиц на 1 см²/с), то 84% подобных вспышек произошли за последние 40 лет в ядрах и ветвях комплексов активности. Примерно половина от общего количества групп пятен принадлежит КА, и это означает, что вспышечная продуктивность пятен в КА заметно выше, чем у пятен вне КА.



Солнце в рентгеновских лучах на длине волны 17,1 нм. Справа на лимбе видны высокие корональные петли, соединяющие компоненты трансэкваториального комплекса активности 8 февраля 2014 г. Снимок космической обсерватории "SDO". Фото NASA

Оказалось, что не только протонные вспышки "предпочитают" возникать в комплексах активности. Исследование локализации средних и сильных рентгеновских вспышек на Солнце (с рентгеновским баллом, начиная с M1) в текущем, 24-м цикле солнечной активности, показало, что указанные вспышки произошли в 198 группах пятен. При этом 119 из них наблюдались в ядрах КА, 23 – в ветвях КА, и только 66 (треть от общего числа) – в отдельных группах пятен, не имеющих отношения к КА. Если же рассматривать наиболее сильные вспышки класса X, то степень их связи с КА оказывается еще более высокой – более 75%. Оценка суммарного вспышечного индекса групп пятен в составе КА (параметра, характеризующего энергию, выделяющуюся во вспышках)

дает около 71% от всей энергии наблюдаемых вспышек на Солнце. Этот факт подтверждает, что активные области в составе КА оказываются более продуктивными в "производстве" вспышек по сравнению с группами пятен вне КА.

Таким образом, можно констатировать, что именно КА (точнее, активные области в составе КА) несут основную ответственность за генерацию сильных солнечных вспышек, в том числе влияющих на Землю.

После распада групп пятен в КА на их месте возникают крупномасштабные униполярные магнитные

области, где формируются низкоширотные корональные дыры. Поскольку корональные дыры служат источниками высокоскоростного солнечного ветра, способного генерировать геомагнитные бури на Земле, это означает, что и на поздних стадиях эволюции магнитных полей, уже после распада групп пятен, КА продолжают оставаться геоэффективными структурами. Корональные дыры служат источниками высокоскоростного солнечного ветра, способного генерировать геомагнитные бури на Земле, а значит, и на поздних стадиях эволюции магнитных полей, уже после распада групп пятен, КА продолжают оставаться геоэффективными структурами.

КОМПЛЕКСЫ АКТИВНОСТИ И ПРОГНОЗ ГЕОЭФФЕКТИВНЫХ СОБЫТИЙ

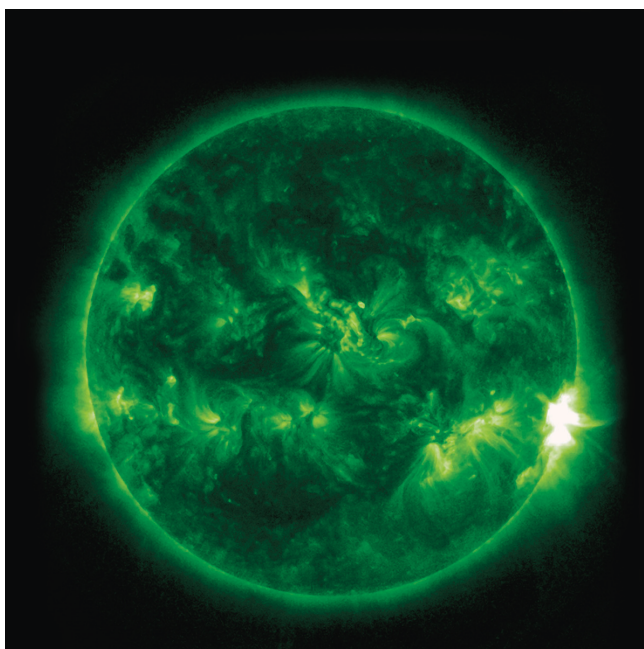
Статистика показывает, что крупные солнечные вспышки, как правило, происходят в ядрах КА на первом, втором

и третьем оборотах существования КА. Бывают (но реже) и более поздние сильные вспышки. Следовательно, если удастся идентифицировать ядро КА уже на первом обороте его существования, то возникает возможность прогноза крупных вспышек с месячной или даже двухмесячной заблаговременностью. Разумеется, речь идет только об увеличении вероятности сильной вспышки, без указания точных дат.

В качестве еще одного прогностического фактора можно указать близость к ядру КА корональных дыр. Анализ локализации протонных вспышек, наблюдавшихся в 24-м цикле, показывает, что практически все вспышки, испустившие потоки протонов с энергией более 10 МэВ на орбите Земли, произошли в группах пятен в ядрах либо ветвях КА вблизи границ корональных дыр. Возможно, процессы магнитного пересоединения вблизи корональной дыры увеличивают вероятность вспышки, а открытая магнитная конфигурация обеспечивает упрощенный выход потоков заряженных частиц из области вспышки в гелиосферу.

ПРИРОДА КОМПЛЕКСОВ АКТИВНОСТИ

Природа КА во многом остается загадочной. По сути, речь идет о неких избранных участках на солнечной поверхности, где из глубин конвективной зоны квазинепрерывно всплывают одна за другой очередные порции магнитного потока, обеспечивая возникновение новых и новых групп пятен



Солнце в рентгеновских лучах на длине волны 9,4 нм. Справа на лимбе – солнечная вспышка 19 ноября 2013 г. Снимок космической обсерватории “SDO”. Фото NASA

(активных областей). Взаимодействие старых и новых магнитных полей приводит к повышенной вероятности сильных вспышек. В рамках упомянутой выше концепции предлагается рассматривать не отдельные активные области “здесь и сейчас”, а допустить существование некоего “канала”, генерирующего образование активных областей на протяжении нескольких солнечных оборотов.

Долгое существование пятен на одном и том же месте в кэррингтоновской системе координат позволяет предположить, что ядра КА как-то связаны с дном конвективной зоны, начиная с которой Солнце вращается вокруг своей оси как твердое тело с кэррингтоновской скоростью и где исчезают признаки дифференциального вращения. Здесь могут быть рассмотрены две основные гипотезы.

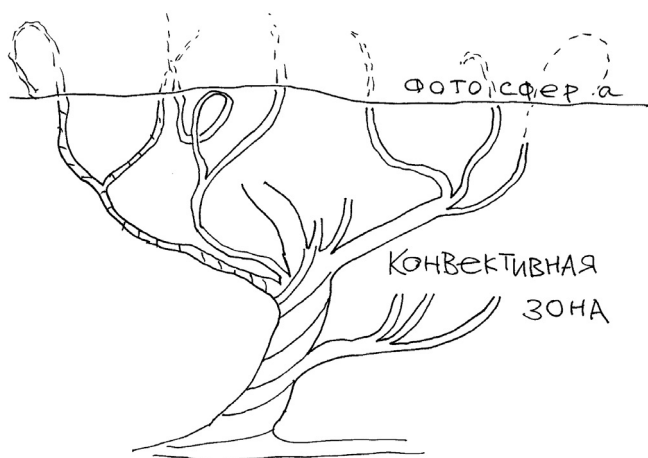


Иллюстрация концепции Дж. Пиддингтона, объясняющей феномен солнечных пятен с помощью древовидного расплетающегося жгута магнитного поля, поднимающегося со дна конвективной зоны. Рисунок автора

Первая гипотеза связана с концепцией австралийского гелиофизика Дж. Пиддингтона, который в 1970-е гг. предлагал идею “магнитного дерева” – закрепленного на дне конвективной зоны жгута силовых линий магнитного поля, поднимающегося из недр Солнца на его поверхность. По Пиддингтону, пятна – это сечения таких жгутов (“стволов”) магнитных деревьев и его

“веток”, “отматывающихся” от ствола более тонких жгутов поля и всплывающих поблизости на уровень фотосферы. Будучи примененной к описанию феномена КА, такая концепция вполне могла бы объяснить и существование ядра КА (сечение ствола) и явления ветвей (магнитные системы, не столь глубоко “заякоренные” и поэтому подверженные действию дифференциального вращения).

Против концепции Пиддингтона свидетельствует гелиосейсмология: пока не удастся обнаружить под пятнами какие-то неоднородности в недрах конвективной зоны глубже 75 тыс. км, тогда как дно конвективной зоны находится гораздо глубже – в 200 тыс. км под фотосферой. Современные представления о пятнах предусматривают возникновение магнитной основы пятен в подповерхностной зоне, без связи с глубинными структурами. Впрочем, не исключено, что применяемым методам пока не хватает “чувствительности”.

Еще одна гипотеза связана с существованием крупномасштабных (характерный размер порядка глубины конвективной зоны) конвективных ячеек. В центре подобной ячейки, согласно

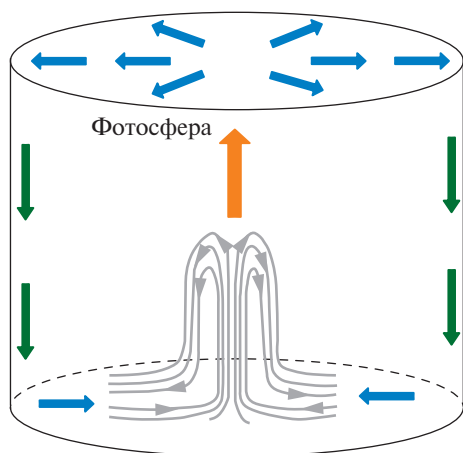
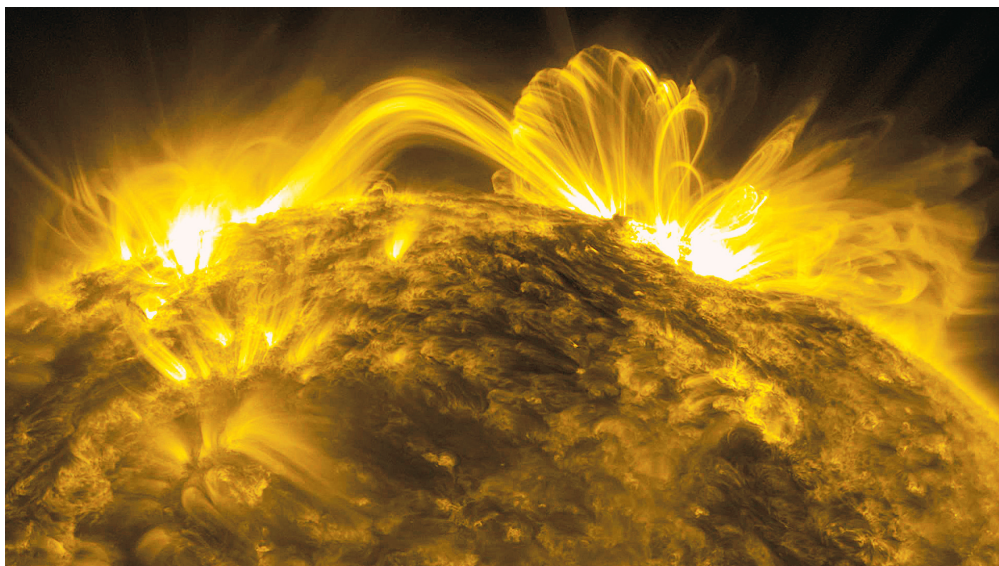


Схема циркуляции вещества (всплытие в середине крупномасштабной конвективной ячейки и опускание по краям) приводит к “сгребанию” магнитного поля вблизи дна ячейки. При повышении магнитного давления поле всплывает, в результате формируется ядро комплекса активности. Канал для всплытия новых порций поля сохраняется, пока существует устойчивая конвективная ячейка.

Иллюстрация к концепции В.И. Сидорова



Сложная система корональных магнитных петель, соединяющих группы пятен во вспышечном комплексе активности 12 июля 2012 г. Снимок космической обсерватории "SDO" на длине волны 17,1 нм. Фото NASA

этой идее, происходит постоянный подъем вещества, увлекающий за собой магнитное поле, которое постоянно всплывает здесь в одном и том же месте (ядре КА), продуцируя последовательное возникновение новых активных областей. Горизонтального смещения этой системы в кэррингтоновской системе координат не происходит, потому что ячейка "закреплена" на дне конвективной зоны. По-видимому, рядом с такой ячейкой возникают условия для появления соседней ячейки, поэтому поблизости могут формироваться второе, третье (и так далее) ядра многоядерного КА, связанные между собой. Такую идею разрабатывал при участии автора, к сожалению, рано ушедший из жизни иркутский геофизик Владимир Ильич Сидоров. В этой схеме пока остается непонятным, что служит причиной формирования гигантских конвективных ячеек,

почему они возникают далеко не всюду и не всегда.

Несмотря на то, что проблема происхождения КА на Солнце окончательно не решена, продолжение их исследования важно для понимания феномена солнечной активности в целом, а также для улучшения качества прогноза крупных солнечных вспышек. В Иркутске (ИСЗФ СО РАН и Астрономическая обсерватория ИГУ) уже много лет ведется мониторинг КА на Солнце; сформирована база данных, описывающая КА начиная с 1980 г.; непрерывно пополняется соответствующий каталог данных. Изучение этого интересного феномена продолжается.

Список рекомендуемой литературы

1. Язев С.А. Лекции о Солнце / М.: изд-во "АСТ", 2018. 320 с.
2. Язев С.А. Астрономия / Солнечная система. Под ред. В.Г. Сурдина. М.: изд-во "Юрайт", 2018. 336 с.
3. Дэвид Уайтхауз. Биография Солнца. М.: "Эксмо", 2008. 368 с.
4. Пасачофф Джей М. Занимательная астрономия: все тайны нашей звезды – Солнца / М.: изд-во "Астрель", 2008. 338 с.

Международный год Периодической таблицы химических элементов

29 января 2019 года в штаб-квартире ЮНЕСКО в Париже (Франция) состоялась торжественная церемония открытия Международного года Периодической таблицы химических элементов. В церемонии открытия Года приняли участие Генеральный директор ЮНЕСКО **О. Азуле**, министр науки и высшего образования РФ **М. Котюков**, президент Французской академии наук **П. Корволь**. Состоялись выступления лауреата Нобелевской премии по химии 2016 года **Б. Феринга** и академика **Ю. Оганесяна**, сотрудника Объединенного института ядерных исследований (ОИЯИ) РАН – выдающегося российского ученого, именем которого назван 118-й химический элемент.

Через неделю, 6 февраля, последовало торжественное открытие Года в Москве, в Президиуме Российской академии наук. В торжественной церемонии приняли участие председатель Правительства России **Д. Медведев**, заместитель председателя Правительства РФ **Татьяна Голикова**, министр науки и высшего образования **М. Котюков**, министр просвещения **О. Васильева**, а также президент Российской академии наук **А. Сергеев**, представивший доклад “Дизайн мира: от космоса до новых материалов”.

Какое же отношение Периодическая таблица химических элементов имеет к космическим исследованиям? Самое непосредственное. Первые элементы таблицы: водород, гелий и литий – появились в первые секунды после рождения Вселенной. Из них “собрались” первые звезды – естественные фабрики синтеза более тяжелых элементов; эта работа продолжается в течение всей их жизни и не заканчивается даже во время гибели. И поэтому именно астрофизические наблюдения дают ученым важнейшую информацию о “темпах производства” элементов, об их обилии во Вселенной.

Теме нуклеосинтеза во Вселенной на разных стадиях ее существования был посвящен специальный круглый стол “Происхождение элементов” в ходе торжественных мероприятий в Париже. Профессор РАН **А. Лутовинов**, заместитель директора Института космических исследований РАН и член Редакционной коллегии журнала “Земля и Вселенная”, представил доклад “Звезды: от колыбели до усыпальницы” (“Stars from cradle to grave”).

“Космической химии” посвятили также специальный стенд на мультимедийно-интерактивной выставке “150 лет Периодической системы химических элементов”. Выставка была представлена в штаб-квартире ЮНЕСКО, а потом переместилась в Москву, где была открыта для посещения 6–7 февраля в Президиуме РАН.

Кроме стенда посетители могли увидеть на выставке макеты международной астрофизической рентгеновской обсерватории “Гранат” и будущей российско-германской



Заседание Организационного комитета по подготовке и проведению Международного года Периодической таблицы химических элементов. Фотография с портала “Научная Россия”



Открытие Года Периодической таблицы химических элементов в Президиуме РАН. Фотография с портала “Научная Россия”



Открытие Года Периодической таблицы химических элементов в России. Выступает президент РАН академик Александр Сергеев. Фотография с портала "Научная Россия"



Макет астрофизической обсерватории "Гранат" на выставке "150 лет Периодической системы химических элементов". Фото С.Е. Виноградовой

обсерватории "Спектр-РГ" (в создании обеих ключевую роль сыграл Институт космических исследований РАН). Обсерватория "Гранат" работала на орбите в 1989–1998 г. С ее помощью были открыты и исследованы многочисленные рентгеновские источники, получены высококачественные широкополосные спектры рентгеновских новых, исследованы процессы синтеза химических элементов в космосе. Запуск обсерватории "Спектр-РГ" запланирован на 2019 г.

Статья А.А. Лутовинова по материалам доклада будет опубликована в следующем выпуске "ЗиВ", а его видеозапись можно увидеть на сайте ЮНЕСКО*.

Экспозиция "150 лет Периодической системы химических элементов", уже в мобильном формате, будет демонстрироваться в разных странах мира в течение всего 2019 года под эгидой ЮНЕСКО. В российском секторе представлена научная информация от ведущих вузов и научно-исследовательских центров страны: МГУ им. М.В. Ломоносова, РХТУ им. Д.И. Менделеева, ОИЯИ РАН, ИКИ РАН и др.

Международный год Периодической таблицы химических элементов был провозглашен Генеральной Ассамблеей ООН и приурочен к 150-летию открытия выдающимся российским ученым Д.И. Менделеевым периодического закона химических элементов. Его проведение координирует ЮНЕСКО совместно с Международным союзом теоретической и прикладной химии (IUPAC), Европейской ассоциацией химических и молекулярных наук (EuCheMS), Международным советом по науке (ISC), Международным астрономическим союзом (IAU), Международным союзом теоретической и прикладной физики (IUPAP) и Международным союзом истории и философии науки (IUPST).

Официальным оператором церемонии открытия Международного года Периодической таблицы химических элементов в Москве выступил Всероссийский фестиваль науки НАУКА 0+. Его генеральный партнер – благотворительный фонд "Искусство, наука и спорт".



Мультимедийно-интерактивная выставка "150 лет Периодической системы химических элементов" в Президиуме РАН. Фото С.Е. Виноградовой

* http://webcast.unesco.org/live/vod/2019/sc/20192901_sc_room-01/rul

АСТРОНОМИЧЕСКИЕ ПРИЧИНЫ ИЗМЕНЕНИЯ ГЛОБАЛЬНОГО КЛИМАТА



В.М. ФЁДОРОВ,

кандидат географических наук

Московский государственный университет (МГУ) имени М.В. Ломоносова

DOI: 10.7868/5004439481902004X

Климат – это обобщенная характеристика состояния окружающей нас природной среды. Важной его составляющей является температурный режим, определяющий многие особенности жизни населения и состояния природной среды. Поэтому проблема изменения климата и, прежде всего, его температурных характеристик представляется значимой для современной науки и практики. В настоящее время отмечаются заметные тренды в изменении приповерхностной температуры воздуха, температуры поверхности океана, уровня Мирового океана, площади морских льдов и вечной мерзлоты, массы льда горных ледников. Найти причины отмечаемых в климатической системе Земли трендов – значит найти объяснение наблюдаемым изменениям климата Земли. В настоящее время широкое распространение получило предположение о том, что основной причиной изменения глобального климата является “парниковый” эффект, связанный, главным образом, с эмиссией парниковых газов, определяемой антропогенным фактором (сжиганием каменного угля и углеводородного топлива). В то же время не подвергается сомнению и то, что солнечная радиация имеет важнейшее значение в генезисе климата.

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ ФОРМИ- РОВАНИЯ КЛИМАТА ЗЕМЛИ

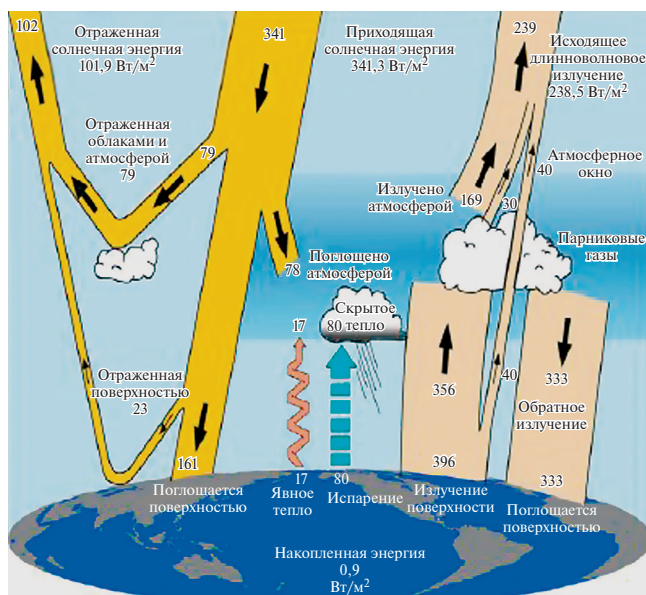
Известно, что Солнце является основным источником энергии гидрометеорологических, биохимических и мно-

гих других процессов, происходящих в атмосфере, гидросфере, на земной поверхности. Энергия Солнца – важнейший фактор развития жизни на Земле, обеспечивающий необходимые температурные условия для жизни и фотосинтез. Как отмечал русский

метеоролог А.И. Воейков, “Солнце – единственный источник тепла, достаточно сильный для того, чтобы оказывать значительное влияние на температуру поверхности Земли и воздуха”.

В древности Гиппарх (древнегреческий астроном, географ и математик, II в. до н.э.) дал объяснение годовой смене климатических сезонов, связав ее с изменением наклона падения солнечных лучей, определяемого орбитальным движением Земли и наклоном ее оси вращения (“климат” в переводе с греческого языка – “наклон”). Кроме этого, отмечаются межгодовые и многолетние изменения климата, причины которых пока являются предметом научных дискуссий.

Годовое поступление солнечной радиации на верхнюю границу атмосферы, или на поверхность Земли (без учета атмосферы) в среднем составляет $5,49 \times 10^{24}$ Дж (или 1367 Вт/м^2)¹. Однако оно не постоянно и изменяется во времени (сезонные, межгодовые и многолетние изменения) и в пространстве (по широтам). Вариации приходящей к Земле солнечной радиации в основном определяются двумя причинами, имеющими разную физическую природу: одна из них – изменение активности



Радиационный баланс Земли и его составляющие

в излучении Солнца; другая – обусловлена небесно-механическими процессами, вызывающими изменения элементов земной орбиты (расстояние Земля–Солнце и др.) и наклона оси вращения Земли. Перераспределение тепла в климатической системе Земли (в атмосфере и в океане) определяется двумя основными механизмами: один – межширотный теплообмен (“тепловая машина первого рода”, по В.В. Шулейкину); он связан с тем, что на Земле есть область (экваториальная), называемая источником тепла (“печка”) и две области (полярные районы) стока тепла – “холодильники”. Второй механизм – теплообмен в системе океан–материк, связан с сезонной сменой областей холода и тепла (“тепловая машина второго рода”). Его действие вызвано тем, что поверхность континентов быстрее нагревается и охлаждается, чем обладающая большей теплоемкостью поверхность океана. Важный фактор в регулировании термического режима Земли – состав атмосферы (прежде всего процентное содержание в ней

¹ Значение 341 Вт/м^2 (на верхней границе атмосферы или на поверхности Земли без учета атмосферы) получается делением значения солнечной постоянной (1364 Вт/м^2) на 4, так как солнечная постоянная – это лучистая энергия, приходящая на единицу площади диска Земли (при расстоянии в 1 а.е). Площадь же сферы в 4 раза больше площади ее большого круга

водяного пара), он определяет величину отраженной атмосферой солнечной радиации (альбедо), а также роль парникового эффекта планеты и их изменения.

В результате парникового эффекта удерживается тепло, получаемое нашей планетой от Солнца. Известно, что основу парникового газа составляет водяной пар, его содержание может достигать 4% в единице объема воздуха; двуокиси углерода (CO_2) – всего 0,04% (при этом менее 1% в этом составе занимает двуокись углерода, образующаяся в результате деятельности человека). Таким образом, объемное содержание в атмосфере водяного пара почти на два порядка превосходит двуокись углерода (природного и антропогенного суммарно). В атмосфере почти на четыре порядка больше H_2O , чем CO_2 антропогенного происхождения.

Действительно, наша планета – “водная”. Мировой океан занимает 2/3 площади Земли, это – основной источник образования водяного пара в атмосфере. В высокогорных районах нашей планеты развиты ледники, а в полярных районах океан покрывается морскими льдами. На Земле существуют две гигантские ледниковые шапки – Антарктида и Гренландия. На снимках из космоса видно, что наша планета покрыта облаками, и это прежде всего – водяной пар (но не CO_2). Вода присутствует на Земле в трех фазовых состояниях, переход из одного состояния в другое сопровождается процессами выделения (или поглощения) тепла. Таким образом, роль воды, льда и водяного пара в природе Земли (с учетом известного гидрологического цикла – круговорота воды в природе) в процессах теплообмена и климатообразования не сопоставима

с участием CO_2 . Содержание других парниковых газов (метан и др.) в атмосфере еще на три порядка ниже, чем содержание двуокиси углерода. Климат – это состояние природной среды, и он во многом связан с присутствием в природе H_2O – важнейшего компонента окружающей природной среды и фактора ее изменения.

При отсутствии солнечного излучения температура на Земле была бы близка к температуре окружающего ее пространства (близка к абсолютно нулю, или -273°C). В настоящее время среднегодовая приповерхностная температура Земли составляет около $+15^\circ\text{C}$. В случае, если бы у Земли отсутствовала атмосфера (при существующем притоке лучистой энергии), то ее температура была бы ниже существующей на 39° и составила бы -24°C (это – те-

плее, чем в Антарктиде, но холоднее, чем в Арктике).

Температурный режим Земли определяется в основном двумя природными факторами: приходящей от Солнца радиацией и “парниковым эффектом” планеты (при этом главным “парниковым” газом является водяной пар). Учитывая тот факт, что температура окружающего Землю пространства составляет -273°C , а среднегодовая приповерхностная температура Земли – около $+15^\circ\text{C}$, то связанное с приходящей солнечной радиацией тепло составляет приблизительно 86% (249°C), а вызванное “парниковым эффектом” планеты – 14% (39°C). Можно предположить, что отмечаемые в современную эпоху отклонения от нормы в климатической системе Земли связаны прежде всего с изменением отмеченных факторов формирования климата (солнечной радиации и “парникового эффекта” планеты).

На Земле существуют две гигантские ледниковые шапки – Антарктида и Гренландия. На снимках из космоса видно, что наша планета покрыта облаками, и это прежде всего – водяной пар

ПРИЧИНЫ ИЗМЕНЕНИЙ СОВРЕМЕННОГО ГЛОБАЛЬНОГО КЛИМАТА: ИНСОЛЯЦИЯ ЗЕМЛИ

Результаты расчетов инсоляции Земли² указывают на то, что среднегодовое поступление солнечной радиации к Земле (без учета атмосферы) за последние 5000 лет сократилось незначительно, всего на 0,005%. При общем малом сокращении приходящей к Земле за год солнечной радиации в районах ниже 45° широты каждого полушария проявляется заметная тенденция к ее увеличению, а выше 45° – к сокращению поступления. Определено также, что в зимние полугодия в полушариях приход радиации увеличивается, а в летние – сокращается.

Отмеченные тенденции (усиление широтной контрастности и сглаживание сезонных различий) в инсоляции Земли связаны с вековой тенденцией уменьшения угла наклона оси вращения нашей планеты. Еще из работ сербского математика М. Миланковича известно, что при увеличении угла наклона оси вращения увеличивается приход солнечной радиации в полярные районы – то есть происходит сглаживание широтной контрастности в полушариях и усиление сезонных различий; при уменьшении угла наклона происходит увеличение радиации, поступающей в приэкваториальные районы и уменьшение радиации, поступающей в полярные районы; широтные контрасты возрастают, а сезонные различия сглаживаются.

*В связи
с неравномерностью
распределения
солнечной радиации
по поверхности
Земли (без учета
атмосферы)
возникает
меридиональный
градиент инсоляции
(МГИ)*

В связи с неравномерностью распределения солнечной радиации по поверхности Земли (без учета атмосферы) возникает меридиональный градиент инсоляции (МГИ).

В многолетнем изменении годового МГИ отмечаются интересные особенности: меридиональный градиент инсоляции увеличивается от экватора – к полярным кругам в каждом полушарии. Максимумы увеличения локализованы вблизи 65-й параллели в каждом

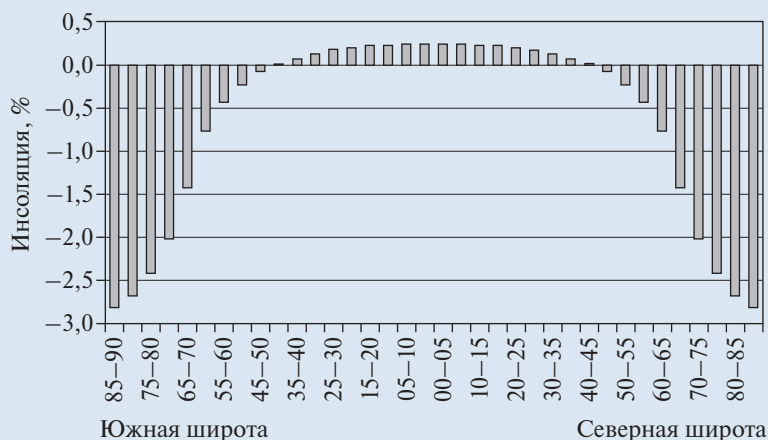
полушарии (около полярных кругов). В заполярных областях отмечается уменьшение МГИ от полярных кругов – к полюсам.

В каждом полушарии можно выделить области увеличения (от экватора до полярного круга) и области уменьшения (от полярного круга – до полюса) меридионального градиента инсоляции. Максимальное увеличение МГИ (на 1,25%) отмечается вблизи полярных кругов (около 65° широты) в каждом полушарии (годовые зоны турбулентности); максимальное уменьшение (на 2,56% от среднего значения) отмечается вблизи географических полюсов.

Отмеченные зоны турбулентности совпадают с районами (60°–70° широты) максимального развития внетропических циклонов (циклогенеза).

Изменения МГИ характерны и для полугодий: в зимнее полугодие для Северного полушария этот параметр максимально увеличивается вблизи 15° ю.ш. (на 11,8%) и максимально сокращается вблизи 10° ю.ш. (на 17,8%). В летнее (для Северного полушария) полугодие максимальное увеличение (на 11,8%) меридионального градиента инсоляции отмечается вблизи 15° с.ш., а максимально он сокращается

² Федоров В.М. Инсоляция Земли и современные изменения климата. М.: Физматлит, 2018. 232 с.



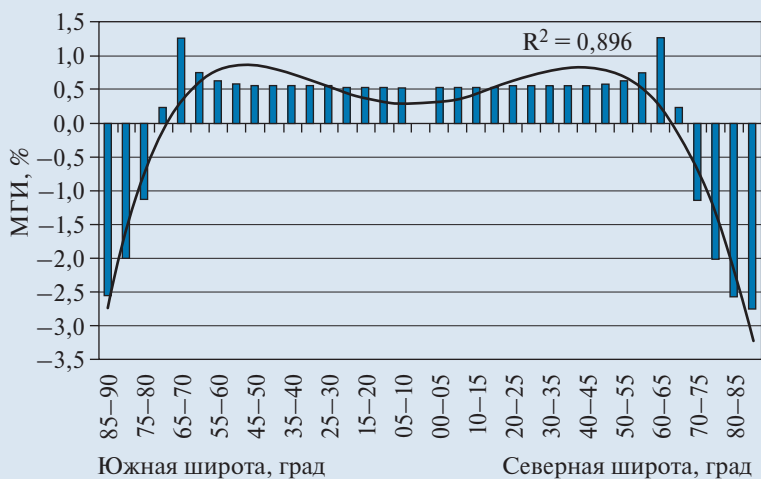
Широтное изменение годовой инсоляции Земли (с 3000 г. до н.э. по 2999 г. н.э.)



Широтное изменение инсоляции Земли в % (с 3000 г. до н.э. по 2999 г. н.э.) в зимнее (1) и летнее (2) полугодия (для Северного полушария)

(на 17,8%) около 10° с.ш. Таким образом, выделяются сезонные зоны турбулентности, расположенные в районе 10°–15° широты в каждом полушарии. Здесь в летние полугодия в полушариях в соседних зонах отмечаются максимальные расхождения в тенденциях изменения МГИ (вблизи 15° широты – максимальное увеличение, вблизи 10° широты – максимальное сокращение).

Известно, что подавляющее большинство тропических циклонов формируется в пределах экваториального пояса, между 10° и 30° широты в обоих полушариях, приблизительно 87% тропических циклонов – в районах, расположенных не выше 20° широты. Области генерации тропических циклонов совпадают с сезонными зонами турбулентности в изменении МГИ. Эти атмосферные вихри наносят огромный



ущерб природе и человечеству: например, потери от урагана “Катрина” в 2005 г. составили более 100 млрд долларов США, от ураганов “Харви” и “Ирма” в 2017 г. – 290 млрд долларов.

С вихревым переносом энергии связана главным образом работа “тепловой машины первого рода” – механизма межширотного теплообмена в атмосфере; вихри (циклоны) переносят энергию в атмосферу из области источника тепла

(из низких широт) в области его стока (в высокие широты). При этом известно, что общее количество энергии, переносимое тропическим циклоном среднего размера, составляет около 10^{17} Дж; это сопоставимо с суммарной энергией, вырабатываемой всеми электростанциями мира за 3 часа.

Сравнение среднегодового МГИ с переносом энергии в системе океан–атмосфера, приведенное в работах

Э. Пальмена, Ч. Ньютона и Э. Лоренца, указывает на наличие линейной связи между ними. Поскольку средний годовой перенос энергии в системе океан-атмосфера определяется средним годовым МГИ на поверхности Земли (без учета атмосферы и океана), то отмеченные в изменении МГИ особенности могут проявляться и в системе океан-атмосфера. Тогда из полученных результатов следует возрастание интенсивности вихревого переноса энергии в атмосфере (увеличение количества и/или интенсивности тропических и внетропических циклонов), то есть будет усиливаться работа “тепловой машины первого рода” – межширотный теплообмен в атмосфере и океане.

Известно, что смена климатических сезонов в течение года на Земле связана с тем, что ее ось вращения имеет наклон относительно перпендикуляра к плоскости ее обращения вокруг Солнца (эклиптики). В настоящее время этот угол составляет около $23,5^\circ$ и в современную эпоху медленно уменьшается. Есть и другая астрономическая

причина изменения годового хода инсоляции – эллиптическая орбита Земли (напомним, что изменение инсоляции Земли в годовом ходе составляет около 7%, от афелия к перигелию). Однако угол наклона оси имеет решающее значение для смены климатических сезонов. Так, летние полушария получают приблизительно в два раза больше солнечной радиации, чем зимние³.

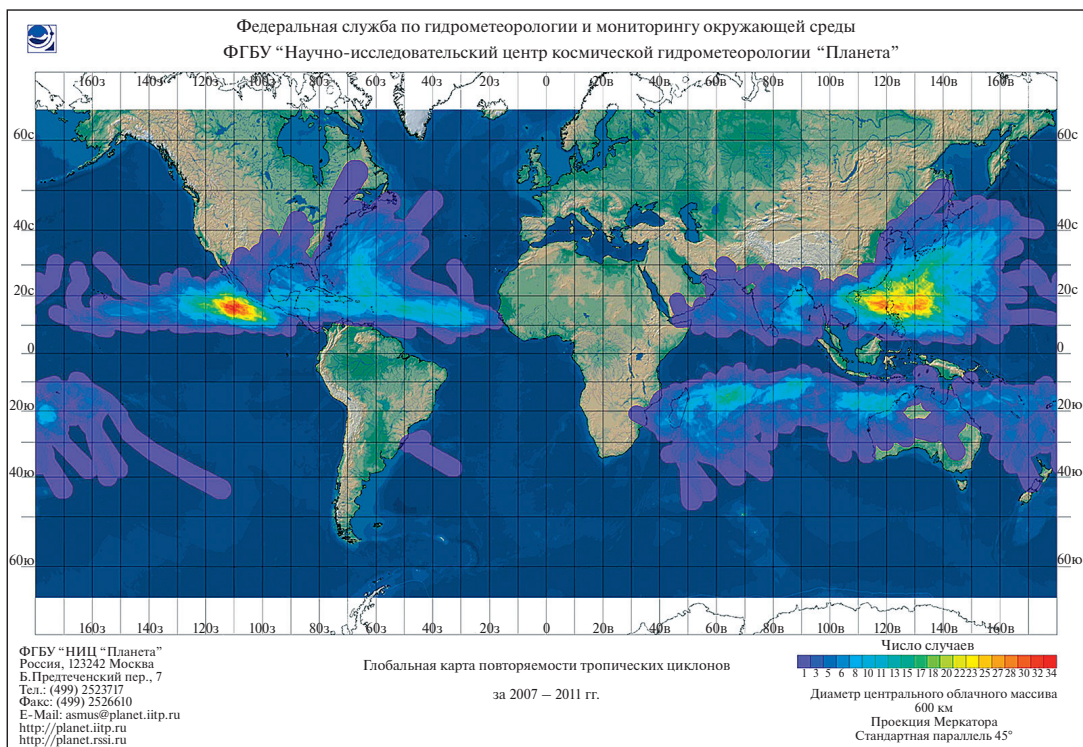
ИЗМЕНЕНИЯ ГЛОБАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗЕМЛИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИНСОЛЯЦИИ

Для анализа изменений климата на Земле (в связи с наличием областей источников и стока тепла) удобно использовать показатель, названный автором инсоляционной контрастностью (ИК).

³ Для сравнения отметим, что амплитуда изменения инсоляции в 11-летнем цикле, связанным с изменением активности Солнца, составляет около 1 Вт/м^2 , или 0,07% от приходящей в среднем за год к Земле радиации



Изменение меридионального градиента инсоляции в зимнее (1) и летнее (2) полугодие для Северного полушария за 5998 лет (в процентах – от среднего значения для широтной зоны)

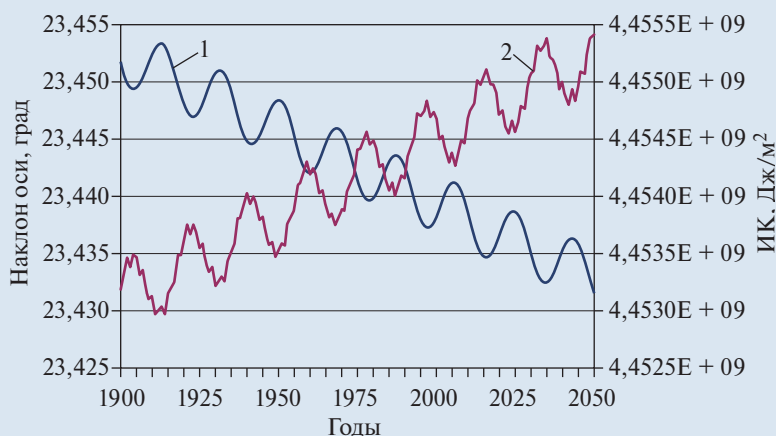


Карта очагов возникновения тропических циклонов

Для полушарий ИК рассчитывается как разность между солнечной радиацией, приходящей в широтную область ($0^\circ - 45^\circ$; источник тепла) и $45^\circ - 90^\circ$ (стока тепла) за год; в целом для Земли за показатель ИК принимается ее среднее годовое значение, рассчитанное для полушарий. В результате корреляционного анализа обнаружена тесная связь между многолетними изменениями приповерхностной температуры воздуха (ПТВ) Земли и полушарий, а также значениями температуры поверхности Мирового океана (ТПО) с инсоляционной контрастностью (ИК): многолетние изменения ИК определяются изменением угла наклона оси вращения Земли, которое связано с лунно-солнечной и планетной прецессией и нутацией; изменение ИК

линейно связано с изменением угла наклона оси вращения нашей планеты. Коэффициент корреляции в интервале с 1850 по 2050 г. составляет $-0,998$.

Многолетние изменения ПТВ Земли и полушарий в современную эпоху характеризуются в основном определенными тенденциями (трендами). В Южном полушарии изменения ПТВ на 84% учитываются трендом, в Северном полушарии – на 75%, для Земли – на 81%. Поэтому для определения причин изменения глобальной температуры следует определить причину отмеченных тенденций (трендов), на нее указывает тесная связь аномалии ПТВ и ИК: значение коэффициента корреляции составляет 0,71 для Северного полушария; 0,80 – для Южного полушария и 0,78 – для Земли.



Многолетние изменения угла наклона оси вращения Земли (1)
и инсоляционной контрастности (2)

Похожие результаты получены и для объяснения связи между многолетними изменениями ТПО и ИК. Коэффициент корреляции ИК и ТПО в Северном полушарии составил 0,69, в Южном полушарии – 0,83, для Мирового океана – 0,78.

На основе уравнений регрессии (используя данные об инсоляции) автором выполнены расчеты аномалии ПТВ и ТПО на период с 1900 по 2016 г. Сравнение рассчитанных и фактических значений аномалии ПТВ и ТПО показывает, что существуют периоды (их средняя продолжительность – около 30 лет), когда рассчитанные значения превышают фактические, и периоды, где эти значения уступают фактическим. Таким образом, в климатической системе Земли наблюдается колебание, физическая природа которого не связана с солнечным излучением; его периодичность составляет около 60 лет. Это колебание проявляется синхронно в океане и атмосфере.

Проявление осцилляции со средним периодом около 60 лет отмечено во многих гидрометеорологических процессах (климатическая мультideкадная

осцилляция – КМО). Наиболее явно это колебание проявляется в Северной Атлантике, где оно известно как Северо-Атлантическая осцилляция (Atlantic multidecadal oscillation). Предполагается космическая природа проявления 60-летней периодичности, однако единого мнения относительно генезиса этого явления среди ученых пока нет.

Изменения ПТВ Земли на 68,3% объясняются многолетними изменениями ИК (в Северном полушарии – на 60,3% и на 72,3% – в Южном) в период с 1900 по 2016 г. Изменения ТПО за тот период объясняются для Мирового океана на 68,3% (в Северном полушарии – на 57,3%, в Южном полушарии – на 75,4%). С учетом поправки в расчетных значениях на 60-летнее колебание эти показатели увеличиваются. Влиянием двух указанных факторов (ИК и КМО) в этом случае объясняется 84,1% изменений ПТВ Земли (81,3% изменений ПТВ в Северном полушарии и 81,7% – в Южном). Влиянием отмеченных факторов в этом случае объясняется 84,2% изменений температуры поверхности Мирового океана (79,1% – в Северном полушарии и 83,8% – в Южном).

Таким образом, главными причинами изменения ПТВ и ТПО в интервале с 1900 по 2016 г. являются инсоляционная контрастность и климатическая мультideкадная осцилляция. Суммарно этими факторами объясняется 84,1% изменений ПТВ для Земли и 84,2% изменений температуры поверхностного слоя Мирового океана. Остающаяся без объяснения часть изменений ПТВ и ТПО (около 16%), вероятно, связана с вариациями солнечной активности, вулканической деятельностью и другими факторами.

Вклад 60-летнего колебания (КМО) в изменение аномалии ПТВ составляет для Земли 15,8%, для Северного полушария – 21,0%, для Южного полушария – 9,4%. Изменение аномалии ТПО Мирового океана на 15,9% также объясняется КМО. В Северном и Южном полушариях “вклад” этой осцилляции в изменение аномалии ТПО составляет, соответственно, 21,8% и 8,4%. Эти соотношения со временем, вероятно, могут изменяться. Учитывая тот факт, что влиянием КМО объясняется приблизительно от 8% до 22% изменений ПТВ и ТПО, возникает необходимость рассмотреть возможные причины этой осцилляции.

Поскольку в макромире известно всего два фундаментальных физических взаимодействия – электромагнитное и гравитационное, то природа КМО, вероятно, является гравитационной (выше уже отмечалось, что она не связана с инсоляцией). Генезис КМО, следовательно, может быть связан с гравитационным взаимодействием Земли с планетами Солнечной системы; значит, в основе КМО должно быть существующее в природе (в окружающем

Землю космическом пространстве) обусловленное гравитационным взаимодействием колебание с периодом около 60 лет, на которое откликается климатическая система Земли.

Из небесной механики известно, что планеты-гиганты Юпитер и Сатурн при движении вокруг Солнца образуют последовательные соединения (находятся на одной геоцентрической долготе) приблизительно каждые 20 лет, их приливное и возмущающее действие на Землю в эти периоды усиливается. Соединение планет происходит в различных точках эклиптики, но каждые 60 лет оно происходит в довольно узком ее секторе: то есть периодически (каждые 60 лет) происходит приблизи-

тельное повторение конфигурации Юпитера и Сатурна относительно Земли и Солнца. С этой периодичностью может быть связана генерация 60-летнего гравитационного сигнала, влияющего на окружающее Землю пространство и ее климатическую систему.

Здесь уместно напомнить о таких физических явлениях, как синхронизация, соизмери-

мость и резонанс. По мнению физика И.И. Блехмана, синхронизация определяется как “свойство материальных объектов самой различной природы вырабатывать единый ритм совместного существования, несмотря на различие индивидуальных ритмов и на подчас крайне слабые взаимные связи”. Явление синхронизации – это механический процесс, возникающий, например, при движении небесных тел в Солнечной системе и приводящий к появлению соизмеримости в средних движениях планет. Оно состоит в том, что несколько природных объектов, совершающих

Планеты-гиганты Юпитер и Сатурн при движении вокруг Солнца образуют последовательные соединения приблизительно каждые 20 лет, их приливное и возмущающее действие на Землю в эти периоды усиливается

при отсутствии взаимодействия колебательные или вращательные движения с различными частотами (угловыми скоростями) при наложении даже весьма слабых связей начинают двигаться с одинаковыми, кратными или находящимися в рациональных отношениях частотами (угловыми скоростями); причем устанавливаются определенные фазовые соотношения между колебаниями и вращениями. В связи с этим представляется возможной синхронизация приливных явлений в Мировом океане с генерируемым Юпитером и Сатурном 60-летним колебанием; таким образом, генезис КМО может быть связан с явлением синхронизации. Это колебание может также усиливаться вследствие орбитального резонанса (из-за соизмеримости в движениях небесных тел); резонанс возникает тогда, когда на колеблющееся тело в такт его колебаниям действует дополнительная периодическая сила. Такая дополнительная сила (даже в том случае, если ее величина очень мала) постепенно приводит к значительному увеличению амплитуды колебаний.

Период парных соединений планет-гигантов Юпитера и Сатурна составляет 19,86 лет. Период обращения лунных узлов (лунной орбиты) – 18,61 год (нутационный цикл; проявляется и в инсоляции Земли из-за изменения наклона оси вращения). Значит, в движениях парного соединения Юпитера и Сатурна и обращении узлов лунной орбиты есть соизмеримость (аналог резонанса в механике – орбитальный резонанс с резонансным числом 1/1). Соизмеримость в движениях Юпитера и Сатурна отмечается и с 19-летним циклом Метона (определяется тем, что продолжительность 235 лунаций, или

лунных месяцев, в точности соответствует продолжительности 19-ти средних солнечных лет).

Проявление колебаний в Мировом океане с периодом около 19 лет отмечают многие исследователи. Из этого также следует вероятность проявления в океане зонального колебания с периодичностью около 60 лет. Одна, “теплая” фаза колебания, возможно, отражает

движение водных масс от экватора в сторону полюсов, другая, “холодная”, связана с движением водных масс в обратном направлении.

Вероятно, КМО – это колебание, которое возникает в океане из-за синхронизации (повторение

положений Юпитера и Сатурна относительно Солнца и Земли); оно усиливается в результате возникающего резонанса из-за соизмеримости периода соединений Юпитера и Сатурна с нутационным циклом (период обращения лунных узлов), с циклом Метона и стохастическим резонансом (отклик нелинейной системы на слабый периодический сигнал при шумовом воздействии определенной мощности). Это океаническое колебание передается и атмосфере, что подтверждается различием фактических и рассчитанных значений ПТВ.

Сопоставление дат смены фаз КМО с датами соединений Юпитера и Сатурна в период с 1900 по 2050 г. показывает, что, если за начало осцилляции принять даты смены “теплой” фазы КМО на “холодную”, то они синхронны с соединениями Юпитера и Сатурна в секторе, ограниченном геоцентрическими долготами: от 283° до 301°; согласно астрономическим эфемеридам, эти соединения приходятся на 1901, 1961, 2020 годы. Даты перехода от “холодной” фазы КМО к “теплой”

КМО – это колебание, которое возникает в океане из-за синхронизации (повторение положений Юпитера и Сатурна относительно Солнца и Земли)

синхронизируются годами, в которые разность геоцентрических долгот Юпитера и Сатурна равна 90° ; последние отмечены в 1926 и в 1986 годах. Очередное соединение планет, в соответствии с данными астрономических эфемерид, произойдет в 2020 г. (сменится “теплая” фаза КМО на “холодную”), и начиная с 2021 г. ожидается начало “холодной” фазы КМО. В 2045 г. разность геоцентрических долгот Юпитера и Сатурна будет равна 90° , и начиная с 2046 г., вероятно, начнется очередная, “теплая” фаза КМО. Однако в системе океан–атмосфера эти даты могут быть нечеткими, то есть изменяться относительно дат астрономических конфигураций указанных планет, в связи с нелинейностью происходящих в океане и атмосфере процессов и изменением термического состояния системы океан–атмосфера. КМО в “теплые” фазы усиливает общую тенденцию потепления современного глобального климата, и в “холодные” фазы – ослабляет.

В общем виде механизм образования найденных связей между ПТВ и инсоляцией Земли можно представить следующим образом: инсоляция нашей планеты увеличивается в экваториальной области и уменьшается в полярных районах, вследствие чего увеличивается меридиональный градиент инсоляции (и инсоляционная контрастность) и возрастает перенос тепла из экваториальной области – к полярным районам. Переносимое воздушными массами в меридиональном направлении (прежде всего вихревыми образованиями – тропическими и внетропическими циклонами): от экватора – к полюсам тепло приходит на различную по характеру

подстилающую поверхность в полушариях. В Северном полушарии Земли перемещение теплых воздушных масс приводит к повышению ПТВ (явное тепло). Увеличение ПТВ в области стока тепла в Северном полушарии приводит к изменению состава атмосферы (прежде всего к повышению содержания водяного пара, в связи с увеличением испарения), особенно в Арктических районах; это усиливает “парниковый” эффект и дополнительно приводит к повышению ПТВ. Увеличение тепла в северной области его стока происходит и вследствие конденсации, при перемещении теплых воздушных масс и их взаимодействии с холодной подстилающей поверхностью (выделяется скрытое тепло). Следует отметить, что 60,7% площади Северного полушария нашей планеты занимает океан; 39,3% ее территории приходится на континенты; в Южном полушарии это соотношение составляет 80,9% и 19,1%, соответственно. Увеличение ПТВ в Северном полушарии определяется и положительными обратными связями: например, снижением отражательной способности морских льдов (альбедо) из-за сокращения их площади (особенно в летний период).

В Южном полушарии Земли приходящие теплые воздушные массы, охлаждаясь, отдают тепло океану (обладающему низкой температурой и большой теплоемкостью); кроме того, сильное охлаждающее воздействие в этом полушарии связано с влиянием Антарктиды. Из-за неоднородной подстилающей поверхности в Северном полушарии нашей планеты вихревой меридиональный перенос тепла (действие циклонов), вероятно, происходит более интенсивно,

Увеличение ПТВ в области стока тепла в Северном полушарии приводит к изменению состава атмосферы, особенно в Арктических районах; это усиливает “парниковый” эффект и дополнительно приводит к повышению ПТВ

воздушные массы, охлаждаясь, отдают тепло океану (обладающему низкой температурой и большой теплоемкостью); кроме того, сильное охлаждающее воздействие в этом полушарии связано с влиянием Антарктиды. Из-за неоднородной подстилающей поверхности в Северном полушарии нашей планеты вихревой меридиональный перенос тепла (действие циклонов), вероятно, происходит более интенсивно,

чем в Южном. В области стока тепла в Южном полушарии из-за относительно однородного характера подстилающей поверхности и существенно большего значения меридионального градиента температуры перенос тепла в меридиональном направлении происходит менее интенсивно, чем в Северном: проявляется циркуляционный, преимущественно западный (“ревущие сороковые”), перенос тепла. Вследствие этого в Южном полушарии межширотный теплообмен отчасти “блокируется” зональным движением воздушных масс и циркумполярным океаническим течением, охватывающим Антарктиду; изменения ПТВ и ТПО “растягиваются” во времени из-за большой инертности и слабой интенсивности отклика климатической системы в этом полушарии.

С изменением температурного режима атмосферы (ПТВ) и океана (ТПО) регулируемым МГИ и ИК связаны наблюдаемые в криосфере Земли явления: сокращение площади морских льдов и вечной мерзлоты, а также массы горных ледников; с повышением ТПО и деградацией горного оледенения связано повышение уровня Мирового океана.

Итак, сезонные изменения климата связаны с тем, что ось вращения Земли наклонена относительно эклиптики. Многолетние изменения климата в основном связаны с изменением угла наклона оси вращения Земли, регулирующим распределение приходящей солнечной радиации по сезонам и широтам, а также меридиональный перенос энергии в океане и атмосфере – в климатической системе Земли.

Информация

Планы поиска жизни на Европе

Специалисты NASA планируют создать буровую установку с ядерным реактором для проникновения под ледяной панцирь спутника Юпитера Европы с целью поиска следов жизни в ее подледном океане. “Мы не знаем точной толщины ледовой оболочки Европы – она составляет, по самым разным оценкам, от 2 до 30 км. Она будет главным препятствием для любых аппаратов, которые будут искать следы жизни на Европе. Поэтому мы сфокусировались на преодолении этого ледового щита”, – заявил Эндрю Домбар из Университета Иллинойса в Чикаго (США).

Европа – один из четырех крупнейших спутников Юпитера, она представляет собой мир океана, чьи воды скрыты под многокилометровым слоем льда, который может служить приютом для внеземной жизни. В последние годы обнаружено, что океан обменивается газами и минералами со льдом на поверхности – с теми веществами, которые необходимы для существования микробов.

Первые возможные следы существования гейзеров на Европе были найдены еще в 2012 г.: американский астроном Лоренц Роз обнаружил на ультрафиолетовых фотографиях Европы, полученных с помощью КТХ, следы необычных “светлых пятен” в районе южного полюса планеты, приняв их за извержения гейзеров, поднимающихся на высоту в 200 км. Эти открытия заставили в 2016 г. Конгресс США значительно расширить возможные рамки следующей миссии NASA “Европа-Клипер”, предложив отправить не одну, а две станции к Европе: одна из них спустится на поверхность спутника и будет искать следы жизни непосредственно в ее водах.

Эндрю Домбар (Университет Иллинойса в Чикаго, США) и его коллеги из Исследовательского центра им. Дж. Гленна NASA разработали одну из первых концепций второй части миссии АМС “Европа-Лендер”: необходимо создать достаточно легкий и долговечный аппарат, который мог бы бурить лед в произвольном направлении и достичь верхней кромки океана Европы. Как показывают расчеты, такая установка должна быть оснащена ядерным реактором или радиоизотопным источником тепла и энергии – подобному тому, который присутствует на борту марсохода “Кьюриосити” (“Curiosity”) и АМС “Новые горизонты” (“New Horizons”). Вырабатываемое ими тепло можно использовать для ускорения бурения и сбора образцов замороженной океанической воды Европы.

Аппарат пробурит тоннель длиной около 15 км и исследует воду океана для поисков каких-либо микробов. Для того, чтобы защитить аппарат от высокого уровня радиации от Юпитера и решить сложности с работой системы связи, специалисты NASA планируют упаковать электронику зонда наподобие “бункера”, а для радиосвязи с Землей “ядерный крот” установит на поверхности Европы радиопередатчик, с которым он будет связан с помощью оптоволоконка.

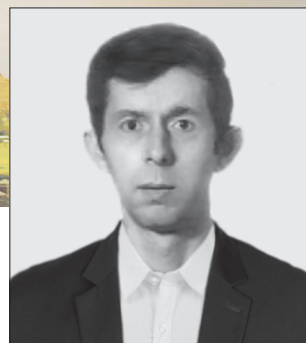
Подобный подход позволит посадочному аппарату АМС “Европа-Лендер” совершить не только прямое погружение в поверхностные воды океана, но и прорыть несколько боковых тоннелей. Благодаря этому он сможет изучить частично замороженные озера, которые могут быть скрыты под толщиной льда на Европе. Запуск АМС “Европа-Лендер” к Юпитеру состоится примерно через год после запуска АМС “Европа-Клипер” в 2023 г. На разработку проекта АМС “Европа-Лендер” выделено около 195 млн долларов.



Так художник представил проникновение бура в проекте “Европа-Лендер”, предназначенного для исследования следов жизни в подледном океане Европы, спутника Юпитера. Рисунок художника Александра Павлусика

Журнал “UIC Today”,
14 декабря 2018 г.

ТОРНАДО: ЕГО ЗАРОЖДЕНИЕ, СВОЙСТВА, РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ



М.Е. МАЗУРОВ,

доктор физико-математических наук

Российский экономический университет

DOI: 10.7868/S0044394819020051

В статье рассмотрены известные теории атмосферного торнадо, классификации торнадо по субстанции, из которой они состоят; по форме торнадо; по областям Земли, где они встречаются наиболее часто. Предложена математическая модель торнадо как структуры, возникающей в неоднородной активной среде, в которой возбужденные автоколебательные возмущенные спиральные автоволны (самоподдерживающиеся нелинейные волны в активных средах, которые содержат распределенные источники энергии), переносящие энергию, возбуждают вихри в материнской неактивной области, уходящей в атмосферу. Указаны основные факторы, определяющие форму торнадо. Дано пояснение некоторых специфических свойств торнадо, следующих из свойств математической модели: вращательное движение субстанции грозовой тучи вокруг основания воронки, "скачущий" характер движения "хобота" торнадо, пробивание мягкими предметами твердых.

СВОЙСТВА ТОРНАДО

Смерч, или торнадо – таинственное природное явление огромной разрушительной силы. Существует множество рассказов и описаний очевидцев, наблюдавших торнадо вблизи, имеется

множество теорий его возникновения, но ни одна из них не в состоянии объяснить всех загадок этого удивительного явления.

До сих пор нет ответов на следующие основополагающие вопросы о свойствах торнадо. Вот лишь некоторые из них:

– откуда берется энергия торнадо?

– что может быть субстанцией или материалом, из которого состоит торнадо?

– как изменяется форма торнадо после его зарождения?

– почему смерч, который во всех справочниках определяется как атмосферный вихрь, “падает” на землю с высоты?

– каково поведение торнадо при его движении?

– что представляет собой воронка торнадо? что придает ее стенкам столь сильное вращение и огромную разрушительную силу?

– почему торнадо устойчив?

– чем обусловлено свойство торнадо, которое может превращать обычные предметы в “пули”, в “осколки снарядов”, пробивающие значительно более плотные предметы?

– какие теории и математические модели торнадо известны в настоящее время? существуют ли эффективные способы уничтожения торнадо?

Постараемся ответить на некоторые из этих вопросов.

Исследовать торнадо не просто трудно, но и опасно – при непосредственном

контакте он уничтожает не только измерительную аппаратуру, но и наблюдателя. В *табл. 1* приведены параметры торнадо.

Для оценки интенсивности торнадо используется шкала Фудзиты. Улучшенный вариант ее был создан в 2007 г. и используется для оценки интенсивности торнадо в США и Канаде на основе ущерба, который они наносят. Шкала состоит из шести категорий: от EF₀ до EF₅. Шесть категорий для шкалы EF с указанием нанесенных повреждений перечислены ниже в *табл. 2* в порядке возрастания интенсивности.

ОБЛАСТИ НАИБОЛЕЕ ЧАСТЫХ ТОРНАДО И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ

Классическая страна торнадо – США. Например, в 1990 г. здесь зарегистрировано 1100 разрушительных смерчей.

Главной причиной, вызывающей частое появление торнадо в США, считается теплый влажный воздух с Мексиканского залива, который “сталкивается” на его территории с холодным воздухом из Канады и сухим – со Скалистых

Таблица 1

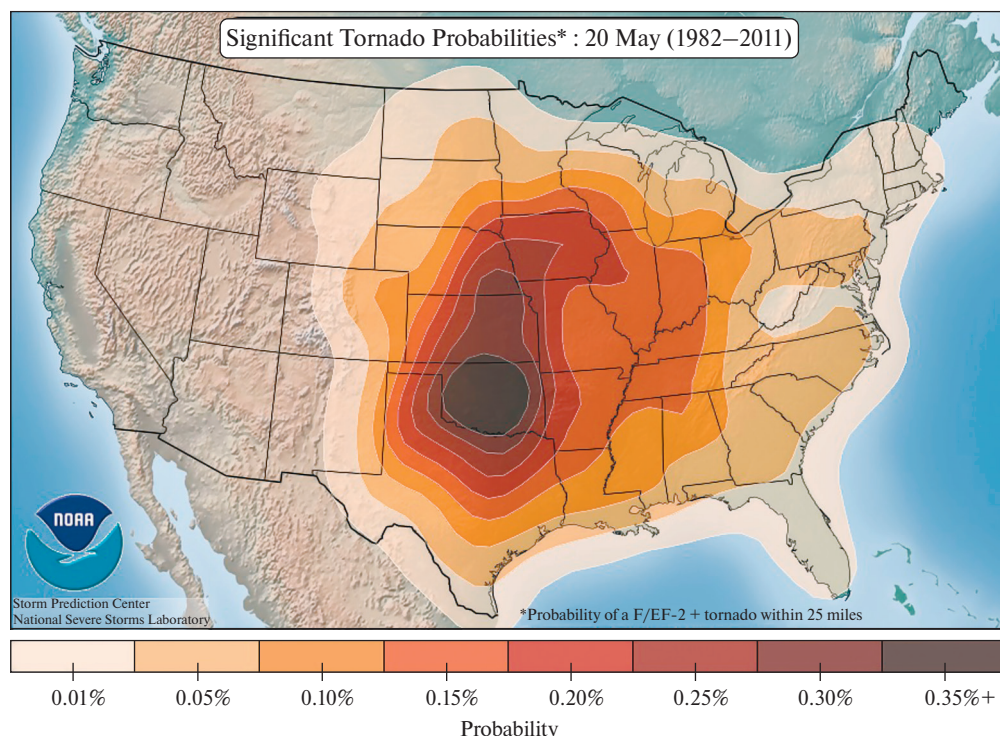
Известные ориентировочные параметры торнадо

Параметры	Минимальное значение	Максимальное значение
Высота видимой части смерча	10–100 м	1,5–2 км
Диаметр у земли	1–10 м	1,5–2 км
Диаметр у облака	1 км	1,5–3 км
Линейная скорость стенок	20–30 м/с	100–300 м/с
Пиковая мощность	–	30 ГВт
Длительность существования	1–10 мин	5 ч
Длина пути	10–100 м	100 км
Площадь разрушения	10–100 м ²	400 км ²
Скорость перемещения	0	150 км/ч
Давление внутри смерча	0,4–0,5 атм	может быть равно 0

Таблица 2

Шкала Фудзиты

Категория	Скорость ветра, км/ч	Потенциальный урон
EF0	105–137	незначителен или отсутствует
EF1	138–177	умеренный
EF2	178–217	значительный
EF3	218–266	сильный
EF4	267–322	катастрофический
EF5	> 322	полное уничтожение зданий



Карта Северной Америки, на которой показана вероятность встречаемости торнадо интенсивностью EF2 в 1982–2011 гг. на территории США. Разработана Центром предупреждения торнадо. На шкале внизу показаны цифры вероятности возникновения торнадо (По данным Национального управления океанических и атмосферных исследований (NOAA))

гор (между 60° и 32° с.ш.; тянутся на 4830 км с севера на юг). При таких условиях возникают многочисленные грозы, несущие в себе угрозу возникновения смерча. Самые разрушительные и смертоносные торнадо образуются

под огромными кучевыми дождевыми облаками. Они могут возникать где угодно: на западном или на восточном побережье США, а также в Канаде и других государствах. Наглядное представление о встречаемости

в США смерчей различной интенсивности дает карта, разработанная Центром предупреждения торнадо в США, где показана вероятность встречаемости смерча интенсивности EF2 по шкале Фудзиты в зависимости от широты и долготы места. В России торнадо также случаются, но гораздо реже.

Типы смерчей разнообразны, известны различные их классификации по их параметрам и свойствам. По субстрату вихря можно выделить следующие типы торнадо: атмосферные (воздушные), электрические, огненные, пылевые, водяные, снежные и др.

Рассмотрим классификацию атмосферных торнадо по форме:

- бичеподобные, тонкие, иногда извилистые;
- колоннообразные;
- бочкообразные (как правило, диаметр бочкообразных смерчей превышает полкилометра, иногда их ширина даже превышает высоту); они также называются расплывчатыми, поскольку их контур не ровный, а как бы лохматый;
- составные – совокупность нескольких (как правило, очень мощных) торнадо. Торнадо можно создавать искусственно. Такие смерчи выделяются в отдельный класс, более подробно рассмотрим его в дальнейшем. Этот класс позволяет наглядно представить механизм возникновения и свойства торнадо.

ИЗВЕСТНЫЕ ТЕОРИИ ТОРНАДО

Теорий торнадо много, перечислим некоторые из них:

- *Самоорганизация при математическом моделировании сильнонеравновесных и нелинейных процессов;*

– *Модель зарождения торнадо.* Согласно ей, важную роль в этом процессе играют особо возмущенные участки атмосферы, где искажения электрического поля достигают критических значений;

– *Разделение электрических зарядов.* В силу определенных причин, в том числе еще не до конца исследованных и непонятных, накопление электрических зарядов в атмосфере происходит неравномерно и сопровождается их разделением по полярности. Установлено, что возникновение торнадо нахо-

дится в прямой зависимости от развития исключительно мощных грозовых процессов;

– *Возникновение множества внутренних волн.* Предполагается, что существование торнадо обеспечивается множеством внутренних молний;

– *Мезомасштабной турбулентности.* В ее основу положена простая идея: малый вихрь – элемент турбулентной структуры – подчиняется собственной динамике как объект, вращающийся со своей круговой скоростью в соответствии с законом Ньютона для конечного тела. Получена 3D-визуализация, топологически эквивалентная одной из форм торнадо;

– *Газодинамическая структура смерча специалиста по газовой динамике В.С. Политова.* Основана на представлении смерча в виде закрученного потока атмосферного воздуха с осью симметрии, перпендикулярной поверхности Земли. Характерная особенность системы – возникновение вращательного движения частиц грозового облака. За счет внутреннего трения вращательное движение передается находящемуся ниже его атмосферному воздуху. В ряде других работ исследуются закрученные вихри и их приложения.

По субстрату вихря можно выделить следующие типы торнадо: атмосферные (воздушные), электрические, огненные, пылевые, водяные, снежные и др.



Виды торнадо в зависимости от источника возникновения: а) атмосферные (воздушные); б) электрические; в) огненные; г) пылевые; д) жидкостные; е) снежные. Источник сведений – наблюдения очевидцев



Формы атмосферных (воздушных) торнадо: а) бичеобразные, б) колоннообразные, в) бочкообразные, г) лохматые, д) составные.
Источник сведений – наблюдения очевидцев

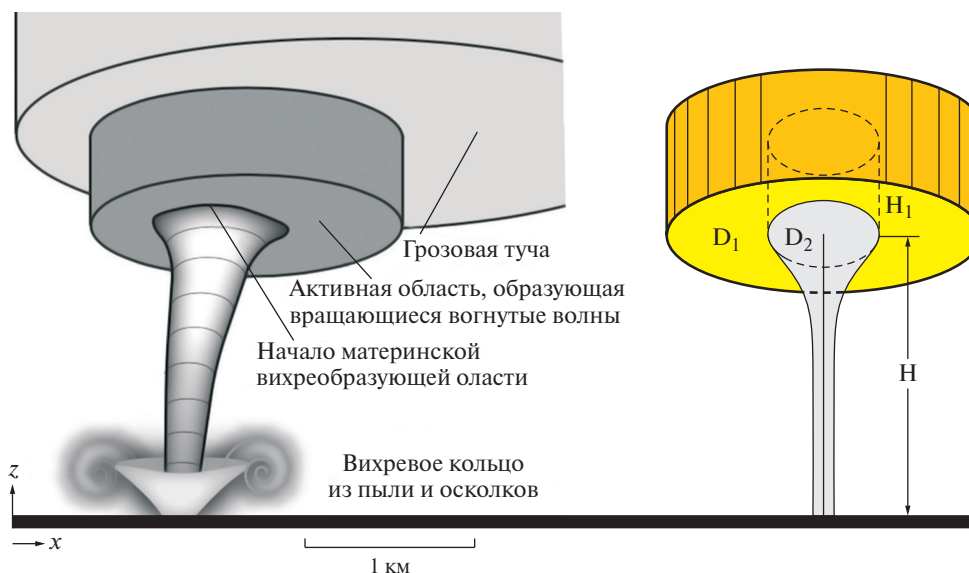


Схема торнадо: слева – устройство смерча и грозового облака; справа – предлагаемая модель. Включает активную среду в виде цилиндра диаметром D_1 и материнскую область диаметром D_2 и высотой H_1 , где происходит образование вихря торнадо. Высота активной среды от поверхности Земли равна H . (По данным автора статьи)

Структура торнадо возникает в неоднородной активной среде, в которой возбужденные автоколебательные вогнутые спиральные автоволны, переносящие энергию, возбуждают в изначально неактивной области вихри, которые уходят в окружающую среду. С физической точки зрения, атмосферный торнадо – автоколебательная система в активной среде грозового облака, генерирующая атмосферные вихри.

ПРЕДЛАГАЕМАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТОРНАДО

Согласно определению структуры атмосферного торнадо, его специфические свойства определяются активной

средой – грозовым облаком и субстратом создаваемого вихря. Рассмотрим математическую модель активной среды торнадо. Для описания активной среды в синергетике принято использовать системы нелинейных дифференциальных уравнений параболического типа. В качестве модели активной среды в вычислительном эксперименте были использованы уравнения Фитцхью–Нагумо:

$$\frac{dp_1}{dt} = p_1 - \frac{p_1^3}{3} - p_2 + I + D_1 \Delta p_1;$$

$$\frac{dp_2}{dt} = \varepsilon(a - p_1 + bp_2) + D_2 \Delta p_2,$$

где: p_1 , p_2 – переменные активации и переменные, характеризующие затухание и имеющие физический смысл плотности газовой фазы в месте расположения активной среды грозового облака; I , a , b , ε – собственные параметры уравнения Фитцхью–Нагумо: $a = 0,7$; $b = 0,8$; $I = 0,142$; $\varepsilon = 0,003$; D_1 , D_2 – коэффициенты диффузии.

Вихревая воронка торнадо в рассматриваемой математической модели возбуждается вогнутыми спиральными автоволнами, переносящими энергию (сокращенно ВСАПЭ). В модели

они представляют собой периодические круговые автоколебательные автоволны во внешней активной среде. За счет связи, обусловленной вязкостью, ВСАПЭ возбуждают вихревые движения воздуха в материнской нейтральной области, представленной при моделировании в первом приближении круговым цилиндром. Так происходит образование воронки торнадо. Для математического описания образования вихревой воронки торнадо используются уравнения Навье–Стокса для описания движения вязкой жидкости и газа. Эти уравнения представляют собой систему из двух дифференциальных уравнений в частных производных: движения и неразрывности. В векторном виде для несжимаемой жидкости уравнения выглядят следующим образом:

$$\frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} = -(\mathbf{v} \cdot \nabla) \mathbf{v} + \nu \Delta \mathbf{v} - \frac{1}{\rho} \nabla p + \mathbf{f},$$

$$\nabla \cdot \mathbf{v} = 0,$$

где $\mathbf{v} = (v^1, \dots, v^n)$ – векторное поле скоростей, p – давление, ∇ – оператор Гамильтона, Δ – оператор Лапласа, t – время, ν – коэффициент кинематической вязкости, ρ – плотность, $\mathbf{f}$ – векторное поле массовых сил. В уравнении Навье–Стокса до-
бавляют краевые и начальные условия:

$$\mathbf{v}|_{\partial\Omega} = 0, \quad \mathbf{v}|_{t=0} = \mathbf{v}_0.$$

При численном моделировании производится сшивание решений на границе активной среды – цилиндрической области и внутренней цилиндрической области, где возникает вихревая воронка.

Конкретное решение уравнений можно получить, задав специально подобранные начальные условия или внешние воздействия. Например,

вращающаяся структура может возникнуть при наличии двух или более противоположно направленных ветров, находящихся на некотором расстоянии друг от друга. Начальные условия для возникновения волн, движущихся по кругу, имеют много общего с процессами в активных средах различной природы (том числе в активной среде грозового облака).

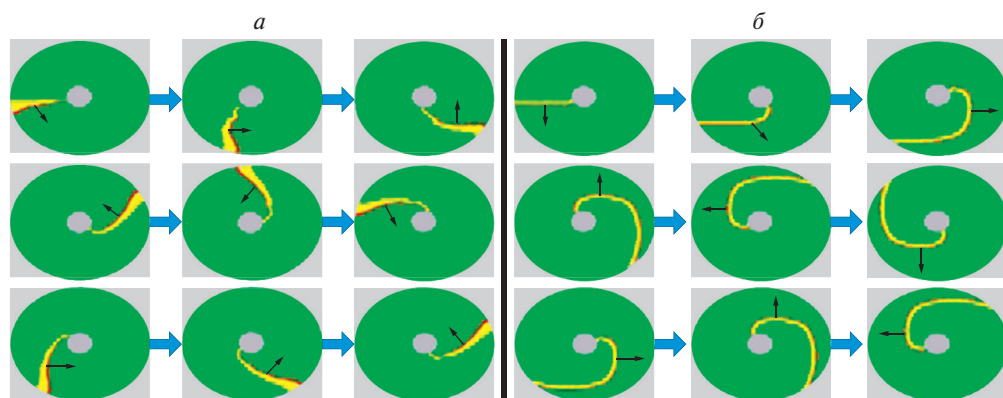
ВОГНУТЫЕ СПИРАЛЬНЫЕ АВТОВОЛНЫ, ПЕРЕНОСЯЩИЕ ЭНЕРГИЮ

Полагаем, что активная среда грозового облака представляет собой кольцо высотой H_1 , с внутренним диаметром D_2 и наружным – D_1 . Расстояние активной среды грозового облака до земли равно H . Эти допущения делаются для упрощения расчетов ВСАПЭ в активной среде, которые сводятся к двумерному случаю. Формирование ВСАПЭ с использованием моделирования автоволновых процессов в активных средах рассмотрено в работах автора статьи. Образование ВСАПЭ в однородной двумерной области невозможно. Для конкретной реализации

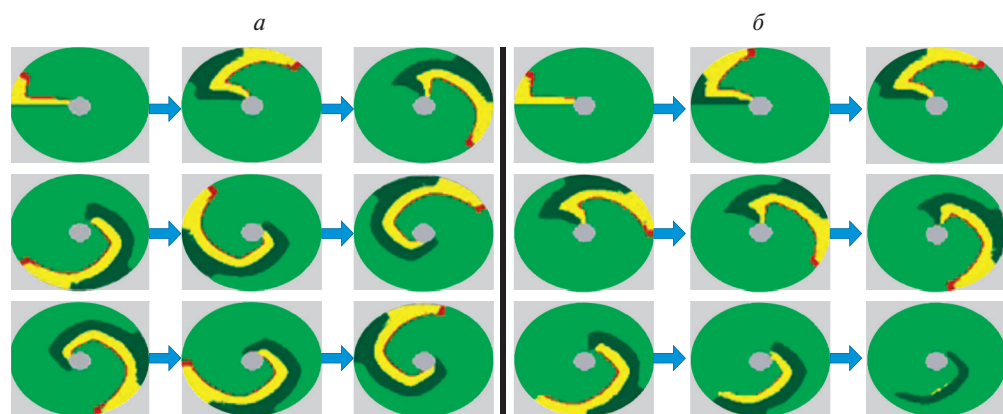
ВСАПЭ применялась неоднородная круговая область, разбитая на кольца. В качестве активной среды для генерации ВСАПЭ была использована система из двух нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных

В качестве активной среды для генерации ВСАПЭ была использована система из двух нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных – уравнения Фитцхью–Нагумо

в частных производных, а именно уравнения Фитцхью–Нагумо. Эти уравнения наиболее подходят для концептуального исследования спиральных автоволн. Параметры уравнения Фитцхью–Нагумо в каждом кольце подбирались таким образом,



Вогнутая автоволна в модели Фитцхью–Нагумо (а). Для сравнения: выпуклая автоволна в однородной круговой области, распространяющаяся из центра области (б). (По данным автора статьи)



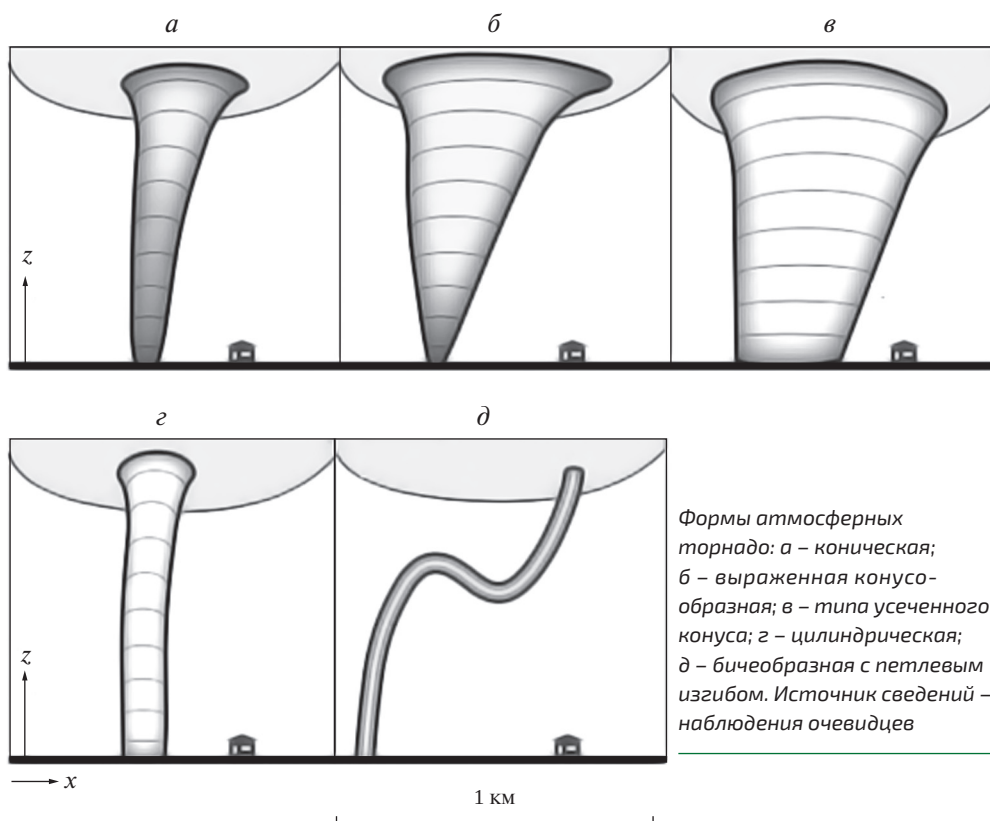
Результаты вычислительного моделирования вогнутой спиральной автоволны, описываемой уравнениями Фитцхью–Нагумо и переносящей энергию в активной среде: а – использованы связи не только с ближайшими соседями, но и с дальними – тремя ближайшими; б – случай расположения активной среды по краю области (внутри – среда невозбудимая, поэтому возбуждение возникает и затухает с краю). (По данным автора статьи)

чтобы обеспечить необходимую для образования вогнутой автоволны скорость их распространения. Эта скорость должна убывать по мере уменьшения наружного и внутреннего диаметров кольца.

Приведем результаты вычислительного эксперимента по созданию ВСАПЭ в кольцеобразной неоднородной активной среде с помощью уравнений Фитцхью–Нагумо. Коэффициенты

диффузии были выбраны для кольцевых областей таким образом, что скорость распространения автоволны убывала от периферии к центру.

Для получения различных скоростей распространения автоволны в широком диапазоне можно использовать связи не только с ближайшими соседями, но и с дальними. Регулирование скорости распространения автоволны осуществляется за счет изменения



коэффициентов связи с тремя ближайшими соседями. Получены результаты вычислительного моделирования по созданию вогнутой спиральной автоволны.

ФОРМЫ И СВОЙСТВА ВОЗДУШНЫХ ТОРНАДО

Из рассмотрения свойств приведенной выше модели торнадо следует возможность существования большого разнообразия форм атмосферных смерчей. Форма торнадо в значительной мере определяется диаметром активной образующей области (изначальной области в предположении ее круговой формы), ее толщиной по вертикали и круговой скоростью вращения на окружности срыва вихревого воздушного потока. На образование форм

торнадо оказывают влияние и другие параметры, которые мы не будем рассматривать. Отметим здесь лишь количество влаги в материнской области и температуру.

Торнадо – это часть грозового облака, которая быстро вращается вокруг вертикальной оси за счет образования ВСАПЭ. Сначала вращение видно только в самом облаке, затем часть его распространяется вниз в виде вихревой воронки, которая образуется от вращения ВСАПЭ, а затем постепенно удлиняется, уходит вниз и встречается с поверхностью земли уже в виде громадного столба – “хобота”, имеющего внутри сильное разрежение. Формы вращения активной среды, где реализуются автоколебательные движения типа вогнутых волн, запечатлены на фотографиях торнадо, сделанных очевидцами.

а*б**в**г*

Виды вращательного автоколебательного движения типа ВСАПЭ в грозовом облаке: а – начальная стадия вращательного движения активной среды; б – активная среда, создающая вихревую воронку торнадо большого диаметра; в, г – вращение активной среды, создающее вихревую воронку конусообразной и колоннообразной форм. Источник сведений – наблюдения очевидцев

Дадим объяснение некоторых свойств торнадо на основе использования предлагаемой математической модели.

Энергетические свойства торнадо. В модели энергия торнадо черпается из энергии активной среды, в которой возникают ВСАПЭ. Территориально это активная среда, окружающая основание торнадо, источник ее энергии – материнское облако. Насыщенность энергией обусловлена конденсацией паровой смеси, из которой состоят облака. При конденсации паровой смеси выделяется огромное количество энергии. Расчеты показывают, что эта энергия составляет величину, сравнимую с энергией, которая выделяется при взрыве атомной бомбы, – в 10 кт.

Свойства движения торнадо. К одним из загадочных свойств описываемого

явления относится “прыгающий” характер торнадо – он движется как скачущий футбольный мяч. Как утверждают очевидцы, смерч может “перескочить” через какой-то участок движения, оставив его в полном покое и сохранности, и совсем рядом с грохотом обрушиться на соседний участок, нанеся ему огромный ущерб. Согласно рассмотренной модели, торнадо – это устойчивая, обладающая определенной механической прочностью структура. Ввиду своих больших размеров она способна начать перемещаться даже от небольших возмущений внешней окружающей среды и поэтому может вести себя как прыгающий футбольный мяч. Как механическую прочную структуру ее можно также сравнить с морским судном, плывущим по волнам: корабль

колеблется, колыхается в вертикальной и горизонтальной плоскостях; точно так же “колыхается” торнадо.

Проникающие свойства. Другая непонятная особенность торнадо – пробивание более мягкими предметами относительно твердых (соломинка проходит сквозь доски, щепки протыкают ствол дерева, доска проходит сквозь стену дома) – получает объяснение в рамках принятой модели.

Огромная скорость движения потоков воздуха дает смерчу возможность совершать многие из аномальных действий. Потоки воздуха придают предметам околосветовую скорость. Как известно, в этом случае даже мягкая свеча может “проткнуть” доску, не сломавшись.

В связи с этим представляет интерес эксперимент, который демонстрировали студентам в некоторых европейских учебных заведениях. Он заключался в том, что из ружья выстреливали стеариновой свечой в доску толщиной 1 см. К изумлению зрителей мягкий снаряд легко проходил сквозь древесину. Секрет успеха объясняется скоростью прохождения свечи, не оставляющей времени для ее изгиба и деформации. Поэтому воздействие урагана всегда опасно для жизни, так как куски летящих предметов (даже фрагментов соломы, мелких камней) могут глубоко проникать в тело.

Приведем еще несколько необычных свойств торнадо. Ураганный ветер может “вбирать в себя” воду и ее обитателей, обрушивая затем дождь “из рыб и лягушек”. В первой половине прошлого века в США торнадо “поднял” и “швырнул” прочь локомотив с вагонами, общий вес которых достигал 83 т.

Предсказать возникновение торнадо невозможно, однако они никогда не возникают в солнечную

безоблачную погоду. В среднем по суше торнадо “передвигается” со скоростью около 50 км/ч, но однажды в США смерч, “прошедший” по трем штатам, за 3 ч преодолел 350 км, то есть он “двигался” со скоростью около 120 км/ч. Самые мощные торнадо чаще всего состоят из нескольких второстепенных смерчей, вращающихся вокруг главного. В результате сильных пожаров может возникать такое ужасающее явление, как огненный смерч: температура в центре смерча достигает 1000 °С, и его невозможно потушить, пока в этой зоне не сгорит все, что может гореть.

СПОСОБЫ БОРЬБЫ С ТОРНАДО

Для людей, которые живут в зоне возникновения торнадо и подвергаются их разрушительному действию, главным практическим результатом был бы найденный способ предотвращения или уничтожения смерчей. Поскольку материальным и энергетическим “источником” торнадо служит грозовое облако, то его уничтожение предотвратило бы и возникновение торнадо. Обработка смерчевого облака подходящим реагентом, вызывающим конденсацию влаги

Выстреливаемый из ружья мягкий снаряд из стеарина легко проходит через деревянную доску толщиной 1 см. Рисунок заимствован из интернета



и выпадение дождя, обеспечило бы достижение цели. Однако потребность в обработке больших объемов облаков – потенциальных родоначальников торнадо – может оказаться существенным недостатком предлагаемого способа.

Из рассмотренного описания видно, что воронка смерча, через которую осуществляется передача энергии грозового облака, – самая “нагруженная” часть торнадо. Разрушение воронки приведет к ликвидации крутящего момента, а следовательно, и к остановке и исчезновению вихря. Для доставки топлива и взрывчатого вещества в устье воронки можно воспользоваться

транспортирующей способностью смерча: он сам “всосет” и “поднимет” нужное вещество – нам достаточно осуществить дистанционное воспламенение или взрыв. К сожалению, в настоящее время эффективные методы борьбы с торнадо практически не реализованы.

Список рекомендуемой литературы:

1. *Наливкин Д.В.* Ураганы, бури, смерчи. М.: Наука, 1969.
2. *Наливкин Д.В.* Смерчи. М.: Наука, 1984.
3. *Меркулов В.И.* Гидродинамика знакомая и незнакомая. М.: Наука, 1989.
4. *Мучник В.М.* Физика грозы. Л.: Гидрометеиздат, 1974.

Южные ночи

ЕЖЕГОДНЫЙ СЛЕТ ЛЮБИТЕЛЕЙ АСТРОНОМИИ

ЛЕТНИЙ ЗАЕЗД

20 июня – 13 июля

ОСЕННИЙ ЗАЕЗД

13 сентября – 5 октября

ПРОЖИВАНИЕ НА ТЕРРИТОРИЯХ КрАО

Знакомство с небом, семинары, основы астрономии, практика в астрофотографии, экскурсии по телескопам КрАО, наблюдения в телескопы, а также теплое море, дружный коллектив, незабываемый отдых!

Персеиды в КрАО

4 – 11 августа

Встречайте главный звездопад года в знаменитой обсерватории и в отличной компании!

www.astrofest.ru

АСТРОНОМИЧЕСКИЙ ОТДЫХ В КРЫМУ



Реклама

АстроФест
астрономические мероприятия

www.astro-nochi.ru

тел. +7 (915) 142-4867

СОЛНЦЕ В ОКТЯБРЕ – НОЯБРЕ 2018 г.

DOI: 10.7868/50044394819020063

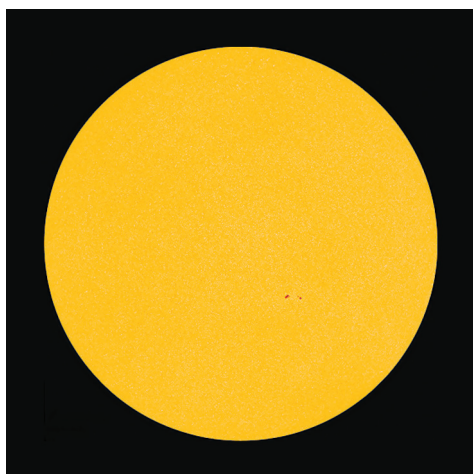
Пятнообразовательная активность Солнца в последние осенние месяцы 2018 г. оставалась на очень низком уровне, и 40 дней видимый диск Солнца был беспятенным (всего в текущем году – 199 сут). Всего шесть небольших групп солнечных пятен наблюдались за эти месяцы, причем они равномерно разделились по полушариям. Кривая роста сглаженных за год значений относительного числа пятен (числа Вольфа) продолжает уверенно спадать – немного быстрее, чем в 12-м и 16-м циклах,

что дает возможность ожидать точку минимума текущего цикла в начале 2020 г. Текущие среднемесячные значения чисел Вольфа (мы, как и Служба состояния околоземного пространства – www.swrsc.noaa.gov, придерживаемся старой, классической системы): $W_{\text{окт}} = 4,7$ и $W_{\text{нояб}} = 3,5$. Сглаженные за год значения этих индексов в апреле и мае 2018 г. составили $W^* = 4,7$ и $W^* = 4,5$ соответственно.

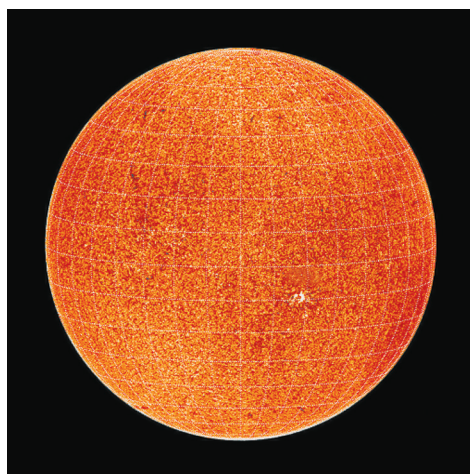
В начале **октября** на видимом диске Солнца находилась небольшая



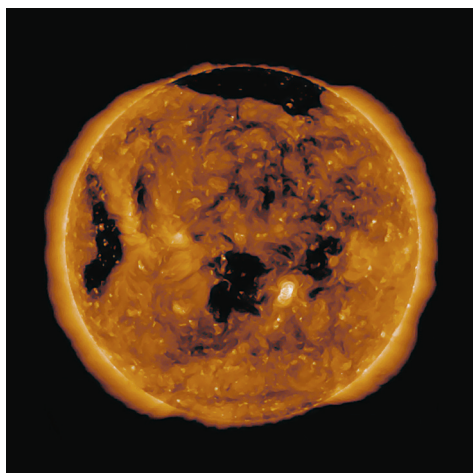
Ход развития (112 месяцев) текущего, 24-го цикла, солнечной активности среди достоверных (начиная с 1849 г.) низких и среднего (№ 13) солнечных циклов. W^* – сглаженные за 13 месяцев относительные числа солнечных пятен в новой системе (введена с 1 июля 2015 г.). Высота текущего солнечного цикла в новой системе $W_n^* = 116$ против $W^* = 82$ – в старой



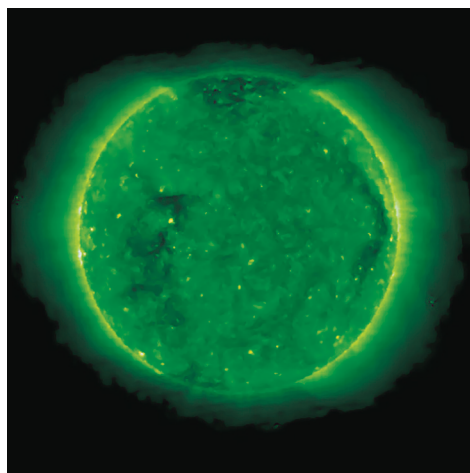
а



б



в

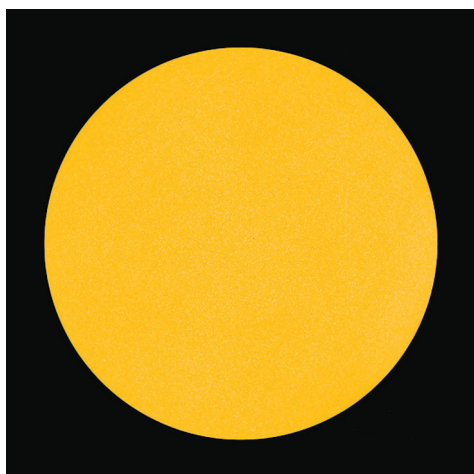


г

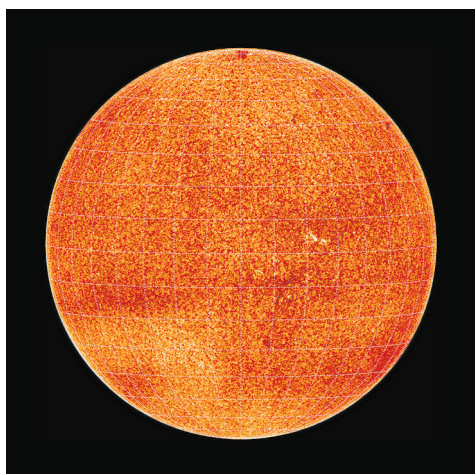
Солнце 1 октября 2018 г.: *а* – фотосфера в непрерывном спектре ($\lambda = 4500 \text{ \AA}$); *б* – в самой сильной линии водорода H_{α} ($\lambda = 6563 \text{ \AA}$); *в* – в линии крайнего ультрафиолета Fe XII ($\lambda = 193 \text{ \AA}$); *г* – обратная сторона Солнца в линии крайнего ультрафиолета Fe XII ($\lambda = 195 \text{ \AA}$). Снимки получены с помощью космических солнечных обсерваторий “SDO”, “STEREO A” и наземной обсерватории “Big Bear” (H_{α} ; <http://sdo.gsfc.nasa.gov/data/>)

группа пятен Южного полушария, но уже 5 октября наступил очередной беспятенный период. С 12 по 17 октября в Южном полушарии последовательно появились две небольшие группы пятен (последние в этом месяце), и с 18 октября на видимом диске Солнца пятен не было. Минимальное

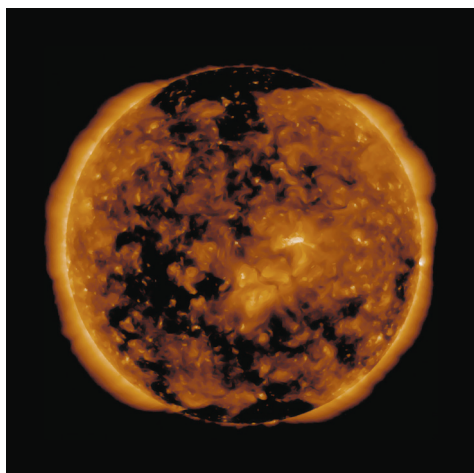
ежедневное значение относительных чисел солнечных пятен ($W = 0$) отмечено 5–10, 16, 18–20, 22–31 октября, максимальное – **13 октября ($W = 16$)**. Вспышечная активность была на очень низком уровне весь период. Выбросы солнечных волокон (девять событий) зафиксированы 3 (2), 13, 14–17,



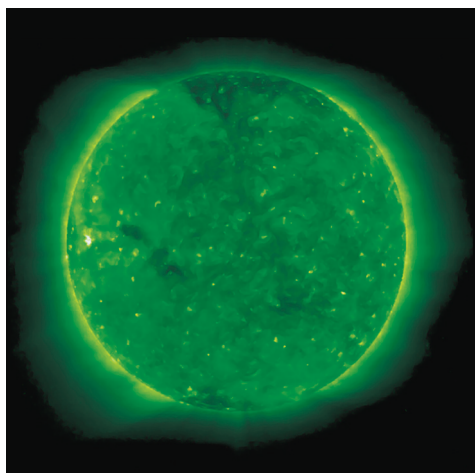
а



б



в



г

Солнце 14 ноября 2018 г.: *а* – фотосфера в непрерывном спектре ($\lambda = 4500 \text{ \AA}$); *б* – в самой сильной линии водорода $H\alpha$ ($\lambda = 6563 \text{ \AA}$); *в* – в линии крайнего ультрафиолета $Fe\ XII$ ($\lambda = 193 \text{ \AA}$); *г* – обратная сторона Солнца в линии крайнего ультрафиолета $Fe\ XII$ ($\lambda = 195 \text{ \AA}$). Снимки получены с помощью космических солнечных обсерваторий “SDO”, “STEREO A” и наземной обсерватории “Big Bear” ($H\alpha$; <http://www.solarmonitor.org/>)

23 и 25 октября. Корonoграфы космической обсерватории “SOHO” зарегистрировали девять корональных выбросов вещества. Две рекуррентные (повторяющиеся через оборот Солнца) корональные дыры проходили по видимому диску Солнца. Высокоскоростные потоки от них вызвали

в околоземном космическом пространстве малую магнитную бурю 7–8 октября и возмущенную геомагнитную обстановку до 10 октября. Еще одно геомагнитное возмущение отмечено 13 октября. На геостационарных орбитах 8–13 и 16–23 октября зафиксированы очень высокие потоки

($> 10^7$ частиц/м²) релятивистских электронов с энергиями больше 2 МэВ.

В **ноябре** на видимом диске Солнца пятна отсутствовали до 11 ноября. В центральной зоне видимого диска Солнца в Северном полушарии 12 и 15 ноября последовательно возникли две небольшие группы пятен, последняя из которых после 18 ноября быстро распалась у западного лимба Солнца. В той же зоне 25–26 ноября появилась и исчезла небольшая короткоживущая группа солнечных пятен, с 26 ноября пятен на Солнце не было. Максимальное наблюдаемое относительное число солнечных пятен отмечено **12, 16, 17 и 24 ноября ($W = 15$)**, минимальное ($W = 0$) – 1–7, 11, 20–23 и 27–30 ноября. Вспышечная активность была на очень низком уровне. Выбросы солнечных волокон (четыре события) произошли 3, 13, 14 и 30 ноября, последний был большим и сопровождался корональным выбросом вещества, “задевающего” Землю, но геомагнитного возмущения он не вызвал. Геомагнитное возмущение от этого

события пришло 5 декабря в околоземное космическое пространство, и в следующем выпуске мы его опишем. Корonoграфы космической обсерватории “SOHO” зарегистрировали не менее пяти корональных выбросов вещества. На видимом диске Солнца наблюдались три рекуррентные корональные дыры и одна вновь образованная, высокоскоростные потоки которых стали источниками возмущений геомагнитного поля на средних широтах Земли. Геомагнитное поле оставалось возмущенным 4, 5 и 9 ноября, 4–5 ноября отмечена малая магнитная буря. На геостационарных орбитах 5–17 ноября отмечен очень высокий поток ($> 10^7$ частиц/м²) релятивистских электронов с энергиями больше 2 МэВ.

Текущее состояние солнечной активности и ее прогноз на русском языке можно найти в интернете (<http://www.izmiran.ru/services/saf/>). Страница обновляется каждый понедельник.

*В.Н. Ишков,
ИЗМИРАН*

Реклама

Издательство предлагает услуги по редакционно-издательской подготовке материалов, сборников, а также весь комплекс полиграфических услуг

Издательство «Наука» готово оказать услуги под ключ по организации и проведению семинаров, конференций, презентаций, выставок в конференц-залах и на экспозиционных площадках издательства по адресам:

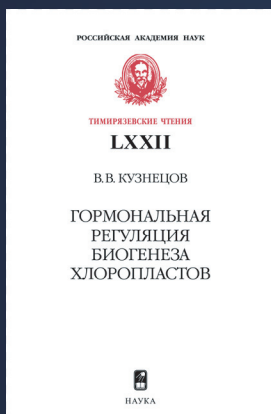
г. Москва, Шубинский пер., д. 6, стр. 1

г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 90

Московская обл., г. Люберцы, Октябрьский пр-кт, д. 403

По всем интересующим вопросам обращайтесь по тел.: +7(495)276-1197 доб. 3321, 3371, 2241
Подробная информация на сайте www.naukapublishers.ru/history/partnership

С новыми книгами
Издательства “Наука”
вы можете ознакомиться на сайте
naukabooks.ru



Кузнецов В.В.

Гормональная регуляция биогенеза хлоропластов.

М.: Наука, 2018. — 112 с. - (Тимирязевские чтения; 72)

Наличие пластид является важнейшей особенностью растительной клетки. За последние 20 лет благодаря применению главным образом молекулярно-генетических подходов достигнуты крупные успехи в исследовании механизмов действия фитогормонов, а также в изучении структуры пластидного и ядерного геномов.

Значительный прогресс достигнут в изучении обмена генетической информацией между ядерным, пластидным и митохондриальным геномами. Совокупность полученных данных позволяет по-новому взглянуть на проблему биогенеза пластид. Становится все более понятной сложная регуляция биогенеза хлоропластов экзогенными (в первую очередь светом) и эндогенными (прежде всего фитогормонами) факторами.

Имеющиеся результаты позволяют говорить о ключевой роли гормональной регуляции в развитии хлоропластов. Сложный набор постоянно меняющихся и взаимодействующих между собой регуляторных сигналов, вероятно, и направляет пластиды по тому или иному пути развития в зависимости от органной и тканевой специфики и особенностей условий окружающей среды.

*Для физиологов растений, биохимиков, ботаников
и работников смежных областей.*



Образцов П.А.

Высокие широты.

М.: Наука, 2018. – 192 с. – (Научно-популярная литература)

Книга повествует об открытии и освоении Арктики и Антарктики, этих двух полюсов холода и мужества, об отважных героях, благодаря которым человечество узнало о природе, животном мире самых северных и самых южных земель, а также о том, какая непростая и вместе с тем увлекательная жизнь идет сегодня в этих суровых, таинственных и манящих краях.

Для широкого круга читателей.



Верещагин Г.В., Аксенов А.Г.

Релятивистская кинетическая теория с приложениями в астрофизике и космологии.

М.: Наука, 2018. — 471 с.

Релятивистская кинетика широко применяется в астрофизике и космологии. В последние годы интерес к этой теории вырос, поскольку появилась возможность ставить эксперименты при таких условиях, где релятивистские эффекты становятся существенными. Настоящая монография состоит из трех частей. В первой части представлены основные идеи и концепции, уравнения и методы теории, включая вывод кинетических уравнений из релятивистской цепочки Боголюбова, а также соотношение кинетического и гидродинамического описаний. Вторая часть — это введение в вычислительную физику, причем особое внимание уделяется численному интегрированию уравнений Больцмана и смежным вопросам, а также многокомпонентной гидродинамике. В третьей части дан обзор приложений, который охватывает вопросы ковариантной теории отклика, термализации плазмы, комптонизации в статических и динамических средах, кинетики самогравитирующих систем, образования структуры в космологии и излучения нейтрино при гравитационном коллапсе.

Для студентов старших курсов университетов, аспирантов и исследователей, специализирующихся в области теоретической физики, астрофизики и космологии.

naukabooks.ru

Реклама

ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ “БОРОК” – филиал Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН

С.В. АНИСИМОВ,

доктор физико-математических наук

директор Геофизической обсерватории (ГО) “Борок” Института физики Земли РАН (ГО “Борок” ИФЗ РАН)

Э.М. ДМИТРИЕВ,

кандидат физико-математических наук

ученый секретарь ГО “Борок” ИФЗ РАН

DOI: 10.7868/50044394819020075

В статье рассказывается об истории и сегодняшнем дне Геофизической обсерватории “Борок”. Показывается, какой путь она прошла: от геомагнитной станции, созданной для обеспечения наблюдений магнитного поля Земли по программе Международного геофизического года (1957–1958), до крупного научного учреждения, неотъемлемой части ведущего геофизического центра страны – Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук. Повествуется о достижениях обсерватории в различных направлениях экспериментальных и теоретических геофизических исследований.

ИСТОРИЯ ОБСЕРВАТОРИИ “БОРОК”

В 2017 г. исполнилось 60 лет Геофизической обсерватории “Борок” ИФЗ РАН – единственной в европейской части России среднеширотной геофизической обсерватории, ведущей с момента своего основания натурные наблюдения и фундаментальные исследования естественных геофизических полей. Инициатором создания магнитной станции “Борок” стала доктор физико-математических наук Валерия Алексеевна Троицкая (1917–2010) – выдающийся ученый-геофизик, родоначальник изучения геомагнитных пульсаций, организатор российского сектора международной сети геомагнитных наблюдений в рамках проведения Международного геофизического года (МГГ, 1957–1958 гг.; ЗиВ, 2007, № 4).

Одной из основных задач программы МГГ по разделу геомагнетизма и земных токов было изучение короткопериодных колебаний магнитного поля Земли, для регистрации которых на территории Советского Союза создавалась сеть магнитных станций. Выбор поселка Борок Ярославской области (58°04' с.ш., 38°14' в.д.) для организации базовой магнитной станции, на которой должны были проходить стажировку и обучение сотрудники всех станций сети, определил низкий уровень промышленных электромагнитных помех при достаточной близости к Москве. Кроме того, к тому времени в поселке под руководством известного исследователя Арктики доктора географических наук И.Д. Папанина было развернуто строительство Института биологии водохранилищ.

Геомагнитная станция “Борок”, как центральная магнитная станция



*"Немагнитный павильон"
ГО "Борок" ИФЗ РАН.
Построен в 1956 г.*

европейской части СССР, была организована распоряжением Президиума Академии наук СССР № 101-2439 от 09 декабря 1955 г. С марта 1956 г. в Борке начала работать электромагнитная экспедиция МГТ, была смонтирована временная магнитная станция, сыгравшая решающую роль в подготовке магнитологов для сети станций, развернутых в СССР. В кратчайшие сроки были введены в эксплуатацию регистрационный корпус и "немагнитный павильон" (не содержащий магнитных материалов), предназначенный для магнитных измерений, а также для калибровки и настройки магнитометров. В мае 1957 г. начался монтаж стационарной станции. 1 июля 1957 г., в 00 ч 00 мин (момент начала МГТ, когда все приборы мировой сети геофизических наблюдений были включены на запись) на станции "Борок" начались непрерывные геомагнитные наблюдения, продолжающиеся до сих пор! Наряду с проведением

круглосуточных наблюдений и регистрацией геомагнитных пульсаций на станции выполнялись настройка и опробование новой регистрирующей аппаратуры, проходили стажировку десятки магнитологов. Здесь был организован геофизический архив, аккумулировавший уникальные материалы регистрации геомагнитного поля на магнитных обсерваториях средних широт, Арктики и Антарктики.

В 1963 г., в связи с ростом количества сотрудников станции, развитием проводимых научных исследований, расширением и модернизацией измерительного комплекса, геомагнитную станцию реорганизовали в Геофизическую обсерваторию "Борок" – самостоятельную структуру отдела электромагнитного поля Земли ИФЗ АН СССР. В последующее десятилетие на удалении от комплекса зданий обсерватории построили новый регистрационный корпус и шесть автономных немагнитных павильонов,

Первый регистрационный корпус магнитной станции "Борок", ныне – административный корпус обсерватории



реконструировали первые строения обсерватории, возвели главный лабораторный корпус.

В 1971 г. приказом по ИФЗ АН СССР в ГО "Борок" ввели лабораторную структуру: создали Лабораторию древнего магнитного поля Земли под руководством А.С. Большакова, Лабораторию физики геомагнитных пульсаций и диагностики магнитосферы во главе с А.В. Гульельми, а также Группу наблюдений, обеспечивавшую непрерывный мониторинг геофизических полей. В 1993 г. ГО "Борок" была преобразована в филиал Объединенного института физики Земли им. О.Ю. Шмидта (ОИФЗ РАН). В 1998–2004 гг. обсерватория функционировала как юридически самостоятельное научно-исследовательское учреждение в составе ОИФЗ РАН, а в 2004 г. она стала филиалом ИФЗ РАН. В структуру обсерватории входят три лаборатории – палеомагнетизма и физико-химических свойств горных пород (руководитель – доктор физико-математических наук, профессор В.П. Щербаков), динамики геофизических волновых полей (ее возглавляет кандидат физико-математических наук Б.И. Клайн), геофизического мониторинга (ею руководит доктор физико-математических наук С.В. Анисимов), а также научно-вспомогательное подразделение – Центр петрофизических и геомеханических исследований ИФЗ РАН. В обсерватории успешно развиваются натурные геофизические наблюдения и геоинформатика, математическое и лабораторное моделирование геофизических процессов, теоретические геофизические исследования. Научная



деятельность обсерватории направлена на решение фундаментальных проблем геоэлектромагнетизма, палеомагнетизма, сейсмологии, атмосферного электричества, геоинформатики.

МОНИТОРИНГ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ

Благодаря сохраняющемуся низкому уровню электромагнитного промышленного загрязнения в месте ее расположения ГО "Борок" ИФЗ РАН остается единственной в европейской части России среднеширотной геофизической обсерваторией, продолжающей непрерывные наблюдения естественных геомагнитных полей Земли. Геомагнитные наблюдения в настоящее время охватывают регистрацию не только низкочастотных пульсаций геомагнитного поля индукционными магнитометрами, но и его медленных вариаций, измеряемых с помощью трехкомпонентного феррозондового магнитометра. Компоненты главного геомагнитного поля и его полный вектор регистрирует автоматическая магнитометрическая станция, входящая в крупнейшую международную сеть магнитных наблюдений INTERMAGNET (International Real-Time Magnetic Observatory Network – Международная сеть магнитных обсервато-



рий реального времени). Проводимые дважды в неделю абсолютные магнитные измерения обеспечивают высокую точность магнитометрических данных в соответствии со стандартами, принятыми в сети INTERMAGNET.

Экспериментальной основой развиваемых в обсерватории с 1980-х гг. исследований в области электричества атмосферы служат обсерваторские аэроэлектрические наблюдения. В настоящее время в измерительный комплекс входят: антенна типа “токовый коллектор”, измеряющая плотность вертикального электрического тока атмосферы; электростатический флюксметр, регистрирующий вертикальное атмосферное электрическое поле; грозопеленгатор, позволяющий получать оперативную информацию о положении грозовых очагов в зоне до 800 км.

Для контроля над метеорологической ситуацией, которая оказывает определяющее влияние на электрическое состояние нижней атмосферы, в обсерватории ведутся разнообразные метеорологические и аэрофизические наблюдения. Основные метеорологические параметры (температура, давление, направление и скорость

Абсолютные магнитные измерения проводятся в ГО “Борок” в рамках программы международной сети геомагнитных наблюдений INTERMAGNET

ветра, влажность) регистрирует цифровая метеостанция “WS-2800”. Пульсации температуры воздуха и скорости ветра измеряет цифровой ультразвуковой метеокomплекс “Метео-2М”. Метеорологический доплеровский акустический локатор (содар) “Волна-3” определяет вертикальные профили трех компонент скорости ветра до высот в 300–800 м. Метеорологический температурный профилемер “МТП-5” измеряет высотные профили температуры нижней атмосферы до высот в 1000 м.

Для проведения высокоточных геодезических измерений и оперативной оценки полного электронного содержания ионосферы предназначен геодезический двухчастотный GPS/ГЛОНАСС-приемник “Leica GX1220+”. В измерительный комплекс входят также пиранометр “СМР-3” для измерения полной плотности потока солнечного излучения и высокоточный жидкостной микробарограф для регистрации инфразвуковых вариаций давления.

Наблюдаемые геофизические поля регистрируются компьютерами сбора данных и через локальную сеть сбора данных в режиме реального времени поступают в базу данных ГО “Борок”. Доступ к ней осуществляется через интернет-ресурс, ориентированный на решение фундаментальных проблем глобальной электрической цепи, атмосферного электричества и геомагнетизма (geodata.borok.ru).

ДИНАМИКА СОЛНЕЧНОГО ВЕТРА И МАГНИТОСФЕРЫ ЗЕМЛИ

Геомагнитные пульсации – короткопериодные колебания геомагнитного поля (в диапазоне частот от тысячных

долей герца до нескольких герц с квазипериодической структурой), возбуждаемые в магнитосфере Земли. Значительные успехи в области изучения геомагнитных пульсаций были сделаны уже в первое десятилетие работы станции “Борок” под научным руководством профессора В.А. Троицкой усилиями ведущих сотрудников – А.В. Гульельми, Р.В. Щепетнова, О.В. Большаковой, Э.Т. Матвеевой и др. Группа по исследованию геомагнитных пульсаций на станции “Борок” стала ведущим научным подразделением Советского Союза в этой области геомагнетизма. В результате исследований была установлена важная роль геомагнитных пульсаций в фундаментальных процессах в магнитосфере и ионосфере Земли, создано новое направление в геофизике – наземная диагностика состояния магнитосферы. В дальнейшем появилась возможность сопоставления наземных наблюдений с данными спутников.

В ходе последующих работ было изучено происхождение и эволюция низкочастотных волн в солнечном ветре и магнитосфере Земли, исследовано взаимодействие полярной магнитосферы с неоднородностями солнечного ветра, восстановлены характеристики солнечного ветра и параметров процессов пересоединения и режима обтекания магнитосферы, по наземным наблюдениям электромагнитных полей. По результатам исследования электромагнитного излучения с глубокой модуляцией несущей частоты, получившего название “серпентинной эмиссии”, проведена диагностика

параметров и структуры межпланетного пространства и разработан надежный и доступный метод прогноза мощных протонных вспышек на Солнце. Установлено, что геомагнитные пульсации Pc5 (1,5–6,0 МГц) представляют собой тороидальные резонансные колебания, возбуждаемые поверхностными волнами на магнитопаузе. Анализ пульсаций Pc5 по цепочке обсерваторий и по характеристике пульсаций Pc5 в магнитосопреженных точках позволил получить оценки положения плазмопаузы и магнитопаузы, а также центров резонансных областей наблюдаемых электромагнитных колебаний.

Сотрудники Лаборатории динамики геофизических волновых полей по данным ГО “Борок” определили закономерности чередования режимов генерации всплесков геомагнитных пульсаций Pi2 (6–25 МГц). Установлено, что величина и динамика показателя наклона кумулятивной функции распределения амплитуд всплесков пульсаций контролируется уровнем геомагнитной активности и нестационарными процессами, протекающими в солнечном ветре. Обнаруженные закономерности можно использовать для того, чтобы оценить степень турбулентности плазмы “хвоста” магнитосферы.

Исследовано влияние межпланетного магнитного поля на формирование



*Профессор В.А. Троицкая –
родоначальник изучения
геомагнитных пульсаций.
1960-е гг.*



Участники Всероссийского семинара по физике магнитосферы (1980) у главного лабораторного корпуса. В первом ряду в центре – Валерия Алексеевна Троицкая (1917–2010) и Константин Иосифович Грингауз (1918–1993)

спектра высокоширотных длинно-периодных иррегулярных пульсаций (2,0–6,0 мГц). Обнаружено, что их средняя частота линейно зависит от скорости изменения компоненты межпланетного магнитного поля, перпендикулярной эклиптике. Предполагается, что в условиях спокойной магнитосферы формирование наблюдаемого спектра обусловлено турбулентностью плазмы солнечного ветра, способствующей развитию неустойчивости токового слоя и усилению поверхностных волн на магнитопаузе.

Выявлены морфологические закономерности правополяризованных (R-тип) и левополяризованных (L-тип) изолированных пульсаций аномально большой амплитуды, которые наблюдаются в области дневного полярного каспа, а также условий их возбуждения. Показано, что при сходных характеристиках пульсаций различной

поляризации его тип определяется ориентацией межпланетного магнитного поля, степенью плазменной турбулентности и отношением теплового давления к магнитному в области генерации пульсаций. Предполагается, что генерация изолированных всплесков R- и L-типа может быть связана с усилением уровня плазменной турбулентности за счет развития ветровой неустойчивости на передней границе магнитосферы.

ПАЛЕОМАГНЕТИЗМ И ЭВОЛЮЦИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ

Физические процессы, протекающие в ядре Земли, определяют режимы генерации главного геомагнитного поля и отражаются в вариациях его характеристик. Палеомагнитные исследования, базирующиеся на анализе

естественной остаточной намагниченности горных пород, дают возможность определять не только полярность, но и напряженность древнего геомагнитного поля (палеонапряженность).

В ГО “Борок” направление палеомагнитных исследований возникло в начале 1960-х гг. по инициативе А.С. Большакова, в то время руководившего обсерваторией. Начиная с 1970-х гг. в обсерватории целенаправленно создавался комплекс аппаратуры, необходимой для получения достоверной палеомагнитной информации. В настоящее время Лаборатория палеомагнетизма и физико-химических свойств горных пород располагает рядом высокочувствительных магнитометров и термомагнитометров, аппаратурой для термо- и магнитной очистки образцов. Эти уникальные приборы, соответствующие по своим характеристикам мировым стандартам, разработаны и созданы в основном силами сотрудников лаборатории.

Результаты проводимых в ГО “Борок” исследований изменений древнего геомагнитного поля, происходивших за последние 400 млн лет, легли в основу мировой базы данных по палеонапряженности, созданной сотрудниками обсерватории в содружестве с французскими коллегами – под эгидой Международной ассоциации по геомагнетизму и аэрономии. Большой объем и высокое качество полученных данных по палеонапряженности позволили создать одну из первых в мире схем изменения величины магнитного момента в фанерозое.

Научные сотрудники
Института физики Земли
Ю.А. Геншафт (1935–2009) и
А.Я. Салтыковский (1934–2014)
работают на микроанализаторе “Самебах”. 1980-е гг.



Среди значимых результатов палеомагнитных исследований в представительных коллекциях образцов горных пород различного генезиса и возраста следует отметить надежное определение пониженной палеонапряженности в среднем протерозое (в 2–3 раза меньше современного геомагнитного поля), что свидетельствует в пользу гипотезы о позднем (не ранее 1 млрд лет назад) возникновении твердого ядра Земли. Полученные в ГО “Борок” палеомагнитные данные подтверждают гипотезу о сложном характере поведения геомагнитного поля в девоне – когда оно, по-видимому, было крайне низким по величине и преимущественно мультипольным.

С целью определения палеонапряженности на вулканических породах необходимо надежно подтвердить первичность сохранившейся остаточной намагниченности, а также ее термоостаточную природу, поскольку остаточная намагниченность может создаваться и при химических изменениях магнитных минералов в ходе первичного охлаждения породы, и при ее повторных прогревах. Достоверность палеомагнитных данных можно обеспечить только фундаментальными лабораторными исследованиями состава и структуры вещества горных пород. Именно для таких исследований Институтом

физики Земли АН СССР был приобретен и установлен в ГО “Борок” французский электронно-зондовый микроанализатор – сканирующий микроскоп фирмы “Сamebax”, единственный в стране в конце 1970-х гг. Поработать на нем приезжали ученые со всего Советского Союза. В настоящее время для изучения физико-химических процессов в ферромагнитных минералах горных пород и анализа их состава используются современные методы рентгеноспектрального микроанализа, рентгеновской дифрактометрии, растровой и просвечивающей электронной микроскопии.

В обсерватории проведены детальные лабораторные эксперименты по созданию химической остаточной намагниченности на океанических базальтах; проанализированы термомагнитные свойства образцов горных пород, несущих этот вид остаточной намагниченности; исследован химический и фазовый состав как исходных, так и термообработанных образцов.

ГЕОДИНАМИКА СЕЙСМОАКТИВНЫХ РЕГИОНОВ

Геодинамика – наука об эволюции твердой коры Земли. Основная задача геодинамики – объяснение геологических и сейсмических событий взаимодействием и движениями плит и блоков земной коры; обратная задача – уточнение границ литосферных плит по данным о смещениях земной поверхности. Начиная с 1985 г. в ГО “Борок” ведутся исследования геодинамических процессов не только на основе данных сейсмических наблюдений, но и по результатам лабораторных экспериментов, с использованием уникального прессового оборудования. Для проведения этих экспериментов к лабораторному корпусу ГО “Борок” пристроили специальное помещение с массивным фундаментом и просторным изолированным рабочим залом, в котором разместили управляемый электрогидравлический пресс “INOVA” чешского производства. Он может раз-

Рентгеновский дифрактометр “ДРОН-3М” (а) и сканирующий электронный микроскоп “Tescan Vega-2” (б). С помощью этих приборов сотрудники ГО “Борок” изучают физико-химические процессы, протекающие в горных породах

а



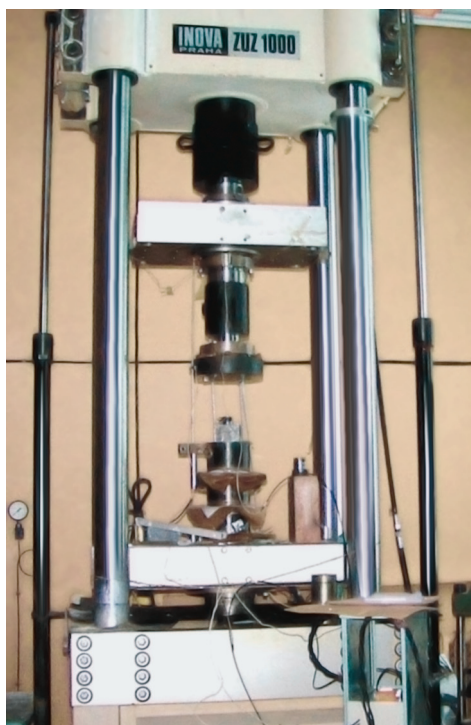
б



вивать нагрузку до 100 т, при этом компьютер контролирует положение плит прессы и управляет им по заданной программе. Пресс может обеспечивать как сжатие, так и растяжение образцов, он оснащен камерой всестороннего сжатия.

Информация о движениях и напряженно-деформированном состоянии земной коры, обусловленных эндогенными и экзогенными факторами, крайне важна для прогноза катастрофических геодинамических процессов (землетрясений, извержений вулканов, оползней, горных ударов). Разработана оригинальная методика реконструкции полей тектонических напряжений по каталогам, содержащим механизмы очагов землетрясений. Проведена обработка бюллетеней региональных и локальных сейсмических сетей, составлены сводные каталоги механизмов очагов землетрясений, реконструированы поля тектонических напряжений с разной геодинамической обстановкой для ряда сейсмоактивных областей Азии. Сопоставление “блоковых” структур земной коры, выявляемых по характеристикам напряженного состояния, с аналогичными структурами, определяемыми по геолого-геофизическим данным, в перспективе позволит выделять области с различными механизмами трансформации тектонической энергии, тесно связанными с сейсмическими процессами.

В обсерватории создана и запатентована методика мониторинга жесткости сейсмоактивных объемов горных пород в режиме реального времени. Метод оценки жесткости (хрупкости) массивов горных пород коры и верхней мантии основывается на оценке характера первых вступлений продольных волн от слабых (фоновых) землетрясений. Эффективность метода мониторинга жесткости продемонстрирована на сейсмических данных Калифорнии (США).



Управляемый электрогидравлический пресс “INOVA” для экспериментальных исследований геодинамических процессов

На сегодняшний день это единственный метод, который позволяет получать информацию с глубин в сотни километров о готовящихся землетрясениях.

ГЛОБАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЦЕПЬ И ЭЛЕКТРИЧЕСТВО АТМОСФЕРЫ

Атмосфера Земли представляет собой неоднородную газообразную среду, электрические характеристики которой непрерывно меняются с высотой. Глобальная электрическая цепь – интегральная замкнутая система, состоящая из совокупности твердых и газоплазменных оболочек. Физически она реализуется токовым контуром, который образуется проводящими слоями

нижней ионосферы, океана и земной коры, с грозowymi генераторами в качестве основных атмосферных источников электродвижущих сил и с возмущенными областями свободной атмосферы в качестве зон возвратных токов. Слабоионизованная нижняя атмосфера в глобальной электрической цепи рассматривается как область взаимодействия с земной поверхностью, биосферой, средой индустриальной деятельности человека, а также с верхней атмосферой, ионосферой и магнитосферой. Измеряемые в приземном слое атмосферы электрическое поле и электрический ток содержат информацию о локальных, региональных и глобальных процессах, протекающих в геосферных оболочках.

В лаборатории геофизического мониторинга ГО “Борок” на протяжении трех десятилетий ведутся работы по изучению электродинамики свободной и возмущенной приземной атмосферы. Разработана и создана аппаратура для прецизионных высокочувствительных аэроэлектрических измерений, а также для цифровой регистрации измеряемых величин. Проведены уникальные натурные электрические наблюдения в условиях энергетически значимых геофизических, метеорологических и антропогенных явлений – таких, как магнитная буря, сильный туман, промышленный взрыв. Исследована динамика приземного атмосферного электрического поля, экспериментально обнаружен универсальный закон частотного спектра пульсаций аэроэлектрического поля, обнаружены аэроэлектрические структуры – упорядоченные ячейки атмосферного электрического поля.

С использованием данных многолетних обсерваторских и сезонных полевых наблюдений проанализирована

динамика электрического поля приземной атмосферы средних широт в широком диапазоне временных масштабов (от сезонных и суточных изменений до короткопериодных пульсаций). Исследована взаимосвязь напряженности атмосферного электрического поля, плотности вертикального атмосферного электрического тока, плотности объемного заряда, электрической проводимости атмосферы, объемной активности атмосферного радона.

В последнее десятилетие в Лаборатории геофизического мониторинга ГО “Борок” ведутся пионерские исследования роли атмосферного пограничного слоя (АПС) в формировании глобальной электрической цепи. АПС представляет собой ее нижний участок, обладающий малой толщиной, по сравнению с расстоянием между ионосферой и поверхностью Земли. Благодаря малой ионизации и значительному содержанию аэрозольных частиц вклад электрического сопротивления АПС в полное сопротивление атмосферы может достигать 70%. В АПС (наряду с током проводимости) протекает конвективный ток, под воздействием которого осуществляется турбулентный перенос объемного электрического заряда, несогласованный с направлением вектора напряженности атмосферного электрического поля. Разрабо-

танная в лаборатории численная модель электрической стратификации атмосферного пограничного слоя позволяет оценивать электроаэродинамическое состояние конвективного АПС, рассчитывать с высоким пространственно-временным разрешением высотные профили напряженности атмосферного электрического

В лаборатории геофизического мониторинга ГО “Борок” на протяжении трех десятилетий ведутся работы по изучению электродинамики свободной и возмущенной приземной атмосферы

поля, плотности объемного заряда, удельной электрической проводимости и плотности атмосферного электрического тока.

Начиная с 2015 г. в летне-осенние сезоны на измерительном полигоне ГО “Борок” проводятся уникальные измерения высотных профилей электрических параметров атмосферы с использованием привязного аэростата. Разработана и изготовлена оригинальная аэростатная измерительная платформа, включающая два датчика электрического поля (электростатических флюксметра), два датчика полярной электропроводности воздуха, измерители объемной активности радона и концентрации аэрозольных частиц, метеорологические и телеметрические датчики. Результаты аэростатных наблюдений позволили получать статистически обоснованные и экспериментально достоверные данные об электродинамике АПС над сушей средних широт. Эта работа ведется при поддержке Российского научного фонда.

На основе электроаэродинамических исследований нижней атмосферы могут быть разработаны новые методы диагностики и прогнозирования состояния АПС.

СЕГОДНЯШНИЙ ДЕНЬ ОБСЕРВАТОРИИ “БОРОК”

17 октября 2017 г. в поселке Борок прошла научно-практическая конференция “Среднеширотные геофизические обсерваторские наблюдения”, приуроченная к юбилею обсерватории и 100-летию со дня рождения ее основателя – В.А. Троицкой. На конференции были представлены пленарные и стендовые доклады ведущих ученых,

Запуск привязного аэростата с аппаратной платформой для аэроэлектрических измерений. Измерительный полигон ГО “Борок”. 2016 г.





Участники Первой всероссийской конференции "Глобальная электрическая цепь" у главного лабораторного корпуса. 2013 г.

работающих в области геоэлектромагнетизма, палеомагнетизма, сейсмологии, атмосферного электричества, наблюдательной, теоретической и экспериментальной геофизики – в том числе коллег и учеников В.А. Троицкой, участвовавших в создании обсерватории и проводящих современные геофизические исследования мирового уровня.

За 60 лет в ГО "Борок" осуществлены пионерские исследования в области диагностики состояния магнитосферы и солнечного ветра по результатам наземных наблюдений геомагнитных пульсаций; разработаны надежные методы реконструкции древнего магнитного поля – по результатам лабораторных исследований магнитных свойств образцов горных пород. Обсерватория занимает лидирующие позиции в изучении атмосферного электричества, развитии методов наблюдений и численного моделирования электрического состояния нижней атмосферы. С годами возрастает научная и практическая ценность проводимых геофизических наблюдений, что обусловлено не только уникальностью постоянно

модернизирующегося и расширяющегося информационно-измерительного комплекса, но и уникальным местоположением обсерватории.

ГО "Борок" поддерживает плодотворные и активные международные научные связи с ведущими геофизическими центрами Великобритании, Франции, Германии, Швеции, Италии, Финляндии, Японии. Международное признание получили достижения коллектива обсерватории по всем направлениям ее научной деятельности. Сотрудники участвуют во многих международных исследовательских программах.

Научные исследования, проводимые в обсерватории, поддерживаются Российским фондом фундаментальных исследований и Российским научным фондом. На базе ГО "Борок" при поддержке РФФИ регулярно проходит международный семинар "Проблемы палеомагнетизма и магнетизма горных пород", школа-конференция молодых ученых "Состав атмосферы. Атмосферное электричество. Климатические процессы", всероссийская конференция "Глобальная электрическая цепь".

УНИКАЛЬНЫЙ КОСМИЧЕСКИЙ ЦЕНТР В КИРОВЕ

DOI: 10.7868/50044394819020087

Великий русский ученый и основоположник космонавтики К.Э. Циолковский провел свое детство и отрочество в Вятке (ныне город Киров). Семья Циолковских приехала из Рязани в Вятку в 1873 г. и поселилась в большом флигеле усадьбы купцов Шуравиных на Преображенской улице. Этот дом, построенный в 1858 г., сохранился до нашего времени и имеет статус памятника архитектуры. В 1968 г. на стене здания установили мемориальную доску с барельефом К.Э. Циолковского, а в 1974 г. его объявили памятником истории и культуры республиканского значения. В 1981 г. уроженец вятской

земли летчик-космонавт СССР, дважды Герой Советского Союза Виктор Петрович Савиных, вернувшись из своего первого космического полета, предложил разместить здесь мемориальный музей К.Э. Циолковского. Для этого пришлось проделать огромную работу, в том числе по расселению жильцов. С апреля 1988 г. в здании располагается Музей К.Э. Циолковского, авиации и космонавтики.

С самого начала своего существования музей по инициативе Савиных проводит Молодежные Циолковские чтения по космонавтике. Много лет сопредседателем чтений был земляк

Большой флигель усадьбы купцов Шуравиных. Киров, 1960-е годы.





Музей авиации и космонавтики им. К.Э. Циолковского. 2002 г. Фото М. Шило

Виктора Петровича – летчик-космонавт СССР, Герой Советского Союза А.А. Серебров, который вел с борта космической станции “Уроки из космоса” для учащихся. За эти годы в чтениях приняли участие свыше 4 тыс. школьников и студентов из 90 населенных пунктов Российской Федерации. Со временем число гостей значительно увеличилось, и возникли трудности с проведением мероприятий. В городе не было места, где можно работать с детьми, знакомить их с работой конструкторов, ученых и специалистов, связанных с космонавтикой. В 2017 г. чтения, посвященные 160-летию со дня рождения К.Э. Циолковского, проходили в областной научной библиотеке имени А.И. Герцена. Кроме того, в музее скопился большой фонд экспонатов, а места для хранения уже не хватало.

В.П. Савиных долгое время вынашивал идею создания Детского космического центра (ДКЦ) на базе Музея авиации и космонавтики им. К.Э. Циолковского.

Его поддержали земляки, космонавты, ученые, специалисты, власти города и области, да и просто неравнодушные люди. Ведь сегодня, как никогда, космонавтике нужны молодые энергичные люди с хорошим образованием. Для того чтобы эти замыслы стали явью, пришлось проделать колоссальную работу.

В 2011 г. проект ДКЦ был согласован с Минэкономразвития, Госкорпорацией “Роскосмос”, Министерством культуры и одобрен председателем Правительства РФ, тогда В.В. Путиным. На проект выделили 150 млн руб. Площадку под строительство после расчистки оградили, установленный возле музея в 2007 г. бюст дважды Героя Советского Союза В.П. Савиных на время строительства перенесли на другую сторону Преображенской улицы. Первые 50 млн руб. из резервного фонда Министерства культуры РФ поступили подрядчику ПАО “Стромит” (директор Д.Н. Драный) в декабре 2014 г.



Проект здания Детского космического центра в Кирове. Авторы архитектор В.И. Борцов и дизайнер А.И. Андреевский

Этот момент можно назвать точкой отсчета строительства ДКЦ. Однако работы из-за нехватки средств пришлось приостановить. В январе 2017 г., во время визита в Киров председателя Правительства РФ Д.А. Медведева, директор Музея авиации и космонавтики им. К.Э. Циолковского, Игорь Евгеньевич Загребин рассказал ему об этих проблемах, и в августе 2018 г. Кировской области перечислили 95,5 млн руб. на завершение строительства.

Как уже говорилось, ДКЦ находится в историческом центре Кирова, на Преображенской улице (бывшая Энгельса). Заслуженному архитектору России В.И. Борцову и дизайнеру А.И. Андреевскому удалось художественно объединить музей, памятник архитектуры середины XIX в. и современное здание из стекла и бетона (старое отражается в новом). В оформлении и “начинке” центра, в проведении декоративного ремонта здания музея существенную помощь оказали

С.Н. Киселёв, Г.А. Мамаев, К.М. Гозман, О.Ю. Березин, Б.И. Пестов, В.В. Савиных, И.П. Прозоров, С.И. Квашнин, В.В. Крепостнов, А.Н. Морозов, В.А. Севрюгин, И.Ю. Сырчин, А.Ю. Немыкин, А.Е. Шулятьев.

По словам И.Е. Загребина, приходилось думать о проблемах, казалось бы, не имеющих прямого отношения к музею: “В первом варианте проекта старое и новое здания соединял подземный переход. К сожалению, от него пришлось отказаться. Во-первых, в старой части города проседает грунт – это видно проходим по окнам первого этажа здания музея, во-вторых, потребовались бы дополнительные средства. Но отказаться от стоянки для транспорта мы просто не могли: нам предлагали высаживать детей из школьных и экскурсионных автобусов у музея и отправлять машины на дальнюю стоянку. В центре города почти везде одностороннее движение, поэтому автобусам пришлось бы колесить по узким

улочкам, чтобы подъехать к музею и избежать транспортных заторов... Учитывая все это, я настоял на стоянке возле Центра". Осенью 2017 г. его готовность составляла 90%, оставалось докупить и смонтировать аппаратуру. Видеопроекторы для ДКЦ заказывали в Японии, и только на их поставку ушло около двух месяцев. Несколько раз сдачу объекта переносили из-за нюансов в процедуре согласования в рамках выделенных государством средств. Однако свои обязательства строители выполнили – ДКЦ ввели в эксплуатацию до конца 2017 г. Всего на строительство Космоцентра потрачено более 470 млн руб. Ключи директору (уже Центра) И.Е. Загребину передали за два дня до Нового года.

13 марта 2018 г. Детский космический центр в Кирове открыл свои двери для посетителей. На торжества прибыли сотни горожан и гостей. Вопреки прогнозам синоптиков, обещавшим "низкую облачность", природа "подготовила" к празднику чистое синее

небо и солнце. Такое же радостное настроение было и у всех присутствующих. В церемонии открытия приняли участие высокие гости: министр культуры России В.Р. Мединский, губернатор Кировской области И.В. Васильев, депутаты Госдумы РФ, члены Совета Федерации и Федерального Собрания Государственной Думы, глава города Е.В. Ковалёва, председатель Законодательного собрания Кировской области В.В. Быков, летчики-космонавты СССР, дважды Герои Советского Союза В.П. Савиных и В.А. Джанибеков, представители попечительского совета при Музее авиации и космонавтики К.Э. Циолковского, а также строители, кадеты и сотни горожан и гостей.

Открывая митинг, В.Р. Мединский сказал: "Сейчас самое главное – наполнить все это содержательными программами: уроками астрономии и физики, специальными компьютерными курсами и занятиями по профориентации, дать возможность старшеклассникам и победителям олимпиад встречаться

Здание ДКЦ. На первом плане – бронзовый бюст В.П. Савиных. Справа – Музей авиации и космонавтики им. К.Э. Циолковского





На открытии Центра выступают губернатор Кировской области И.В. Васильев, летчик-космонавт СССР дважды Герой Советского Союза В.П. Савиных и министр культуры России В.Р. Мединский. 13 марта 2018 г.

с представителями технических вузов. Тогда Детский космический центр действительно заживет той полноценной жизнью, которую мы для него предполагали. Это живой организм, показывающий, как прекрасна и благодарна авиационная и космическая работа". Его поддержал И.В. Васильев: "Построенный в Кирове космоцентр – это уникальный комплекс, аналогов которому в настоящее время в России нет. Наши дети смогут не просто мечтать о космосе, но и активно готовиться к его покорению. Новый уровень приобретут и наши традиционные Молодежные Циолковские чтения. Поэтому знаковое для кировчан событие – это настоящий праздник для всей области. К чтению лекций мы привлечем специалистов из нашего опорного вуза. Речь идет о дистанционном

зондировании Земли, о работах для кадастра и картографии". В.П. Савиных не смог сдержать своей радости: "Наконец-то моя мечта осуществилась! С технической точки зрения в этом Центре есть все, чтобы тренировать детей, которые будут приезжать не только из области, но и со всего Приволжья. Здесь открываются большие возможности для будущих конструкторов и исследователей космоса.

В этом Центре будут проводить уроки астрономии, что необходимо для современных школьников".

Под звуки оркестра ленточку разрезали В.Р. Мединский, И.В. Васильев, В.П. Савиных и его 10-летний внук Арсений. Первыми посетителями ДКЦ стали почетные гости, юнармейцы, стоявшие в карауле, воспитанники детских домов Кировской области и 12 победителей XIV Молодежных Циолковских чтений.

Внук В.П. Савиных Арсений Антипов (слева от космонавта) разрезает ленточку во время церемонии открытия ДКЦ. 13 марта 2018 г.



У входа в ДКЦ установили подлинный спускаемый аппарат космического корабля “Союз ТМА-17М”, вернувшийся из космоса. Его передал Центру президент РКК “Энергия” им. С.П. Королёва В.Л. Солнцев. В экспозиции музея также представлен спускаемый аппарат корабля “Союз Т-2”, на котором в июне 1980 г. экипаж в составе Ю.В. Малышева и В.В. Аксёнова совершил полет на орбитальную станцию “Салют-6”.



Спускаемый аппарат космического корабля “Союз ТМ” перед входом в Центр

Общий штат сотрудников ДКЦ составляет 42 человека – и это не только экскурсоводы и научные сотрудники, но и программисты, инженеры и другие специалисты. В апреле 2018 г. директором Центра назначили Светлану Витальевну Шумайлову (заместитель главы администрации города Кирова), а И.Е. Загребина – ее заместителем. У директора – еще два заместителя: Е.И. Кайсин, который начинал в музее экскурсоводом, а потом заведовал отделом, ему поручена научная и просветительская работа; О.Е. Колотов занимается административно-хозяйственной деятельностью.

А теперь пройдем по всем этажам нового здания, оснащенного по последнему слову техники и похожего на фантастическую инопланетную “летающую тарелку”.

В вестибюле всеобщее внимание привлекает робот Космик, который всегда окружен ребятами и взрослыми. Это – подарок Виктора Савиных, многие “за глаза” называют его Петровичем. Робот активно общается с посетителями, отвечает на вопросы о погоде и курсе валют, может рассказать о себе и о музее, читает стихи и обучается в процессе общения. Космик обладает

информацией по сотне программ, распознает познакомившихся с ним собеседников.

На первом этаже за дверью № 104А разместился “Клуб юных космонавтов”. Посетители с интересом осматривают интерьер макета первого элемента Международной космической станции (МКС) – российского модуля “Заря”, с которого началось ее строительство. Стенд виртуальной реальности позволяет, сидя за компьютером, почувствовать себя космонавтом, перемещаться по модулям и отсекам МКС, “работать с оборудованием”, справляться с нештатными ситуациями: например, “потушить пожар”, и даже “выйти в открытый космос”. Аналог Центра управления полетами поражает количеством мониторов и разнообразной информации. Вас научат контролировать процесс космического полета, следить за изменениями параметров систем. Из новочеркасского Центра тренажеростроения и подготовки персонала прислали полностью оборудованный интерактивный макет спускаемого аппарата космического корабля “Союз ТМА”, на котором каждый желающий может



Вестибюль кировского Детского космического центра



Интерактивный тренажер корабля "Союз ТМА", установленный в Клубе юных космонавтов. За ним – макет российского модуля "Заря"



Экспозиционный зал "Астрофизические явления"

“отработать спуск и приземление”. С его помощью члены клуба получают первые навыки стыковки с орбитальной станцией. За эти тренажеры нужно благодарить специалистов Центра и их наставника – лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, президента Международной академии наук высшей школы В.Е. Шукшунова, который приезжал на открытие ДКЦ. Виктор Савиных пошутил: “Если в Центре подготовки космонавтов им. Ю.А. Гагарина выйдет из строя какой-нибудь тренажер, космонавты перед полетом к МКС смогут готовиться в Кирове”.

В зале “Астрофизические явления” интерактивные экспонаты “помогают” ребятам познавать законы астрофизики и их проявления на Земле и в космосе. Названия говорят сами за себя: “Генератор облаков”, “Образование лунных кратеров”, “Пропеллерный или реактивный”, “Черная дыра”, “Водная воронка”, “Экваториальная дуга”, “Теллурий”, “Электромагнитная ракета”.

В студии “Фантазер” будут проходить занятия по рисованию на космические темы – ведь, по словам специалистов, у детей потрясающее видение космического пространства”. На первом этаже откроется космическое кафе.

На втором этаже всю стену занимают портреты первого космонавта планеты Юрия Гагарина, первой женщины-космонавта Валентины Терешковой, Алексея Леонова, совершившего первый выход в открытый космос, Владислава Волкова – первого советского космонавта, посетившего город Киров в 1971 г., а также уроженцев Кирова Виктора Савиных и Александра Сереброва.

Зал № 201 “Пилотируемая космонавтика” посвящен истории освоения космического пространства, работе космонавтов на орбитальных станциях и в открытом космосе. Среди экспонатов особое место занимают прижизненные издания работ основоположника теоретической космонавтики К.Э. Циолковского, физические приборы того



Фойе второго этажа ДКЦ

времени и личные вещи легендарного Главного конструктора С.П. Королёва (галстук, электробритва, готовальня), переданные музеем его женой Ниной Ивановной. В витринах – образцы одежды космонавтов, спортивный костюм Виктора Савиных, часы, перчатка и полетный костюм Александра Серебров; элементы и макеты спутников “Гео-ИК-2” и “Луч-5”; инструменты для работы в космосе, предметы личной гигиены космонавтов (в том числе зубная паста, которую производят в Кирово-Чепецке на предприятии “Орбита-СП”), космическая пища и многое другое. Генеральный директор, главный конструктор НПП “Звезда” (Томилино, Московская область) С.С. Поздняков подарил скафандр нового поколения для выхода в открытый космос “Орлан-МКС”. Космонавт О.Г. Артемьев приезжал в Киров в 2015 г. на XIII Молодежные Циолковские чтения в качестве Почетного гостя и тоже привез подарки.

Зал передвижных выставок. Первая экспозиция посвящена В.П. Сави-

ных, – почетному гражданину Кирова и Кировской области. Виктор Петрович передал Центру не только свой полетный костюм, награды и сувениры, но и уникальные приборы с орбитальных станций “Салют-6”, “Салют-7” и “Мир”, где он работал; инструменты для работы в открытом космосе. Привлекают внимание фотографии родителей космонавта и домика, где он вырос, старенькие коньки “снегурки”, пионерский галстук и... сувенирная сабля, подаренная премьер-министром Республики Сирия Хафизом Асадом в 1987 г.

Конференц-зал рассчитан на 200 мест и предназначен для проведения Всероссийских Молодежных Циолковских чтений, торжественных мероприятий, презентаций, семинаров и конференций. Но это не обычный зал, а... трансформер: за считанные минуты с помощью складных звукоизолирующих перегородок его можно разделить на четыре независимые зоны, каждая из которых оснащена современным проектором и экраном.



Экспозиционный зал "Исследования космического пространства"

Поднявшись по лестнице на третий этаж, сначала попадаем в экспозиционный зал "Исследование космического пространства". В прозрачных подсвеченных цилиндрах установлены глобусы Луны и Марса. Заместитель директора по научной и научно-просветительской работе Евгений Кайсин пояснил, что часть экспонатов взята из фондов Музея К.Э. Циолковского. Макеты ракет, спутников связи и ретрансляции, фрагменты солнечной батареи, антенн-излучателей и многое другое передали знаменитые земляки: руководитель предприятия "Информационные спутниковые системы им. академика М.Ф. Решетнёва" Н.А. Тестоведов и бывший руководитель "Роскосмоса" А.Н. Перминов. Специальная техника позволяет вместе с роботом совершить виртуальное путешествие в глубины космоса, увидеть поверхность планет и других объектов Солнечной системы. Трехминутные ролики транслируются на 6-метровом экране и на полу, в специально отведенной зоне.

На очень красивой "звездной" панели можно выбрать любую тему: "Колонизация космоса", "Луна", "Марс", "Солнечная система", "Земля", "Путешествие в глубины космоса", "Околоземный космос".

Наконец, гордость ДКЦ – цифровой планетарий с 12-метровым куполом и 50 откидывающимися креслами. Оборудование для него закупили в Голландии, а техническое обеспечение заказали бельгийцам еще до всяких санкций, а американские специалисты монтировали его за закрытыми дверями, никому не показывая. Шесть специализированных проекторов создают динамичную картину окружающего макро- и микромира. В планетарии есть возможность трехмерной визуализации изображения без использования очков. Первыми оценили это панорамное зрелище участники прошедших в октябре 2016 г. XVI Молодежных Циолковских чтений.

Здесь демонстрируются полнокупольные видеофильмы о разных вариантах

посадки на Луну и на Марс, о строении и колонизации планет Солнечной системы, о созвездиях, читают лекции на астрономические темы и проводят различные мероприятия. По мнению губернатора Кировской области Игоря Васильева, "...наличие такого планетария позволит не только наблюдать за звездным небом в трехмерном изображении, но и дистанционно зондировать Землю.

Четвертый этаж отдан под фондохранилище. Но это не все. Панорамный лифт поднимет вас на крышу здания, на смотровую площадку. Отсюда хорошо видна историческая часть города. Летом здесь проводятся различные мероприятия и экскурсии.

Детский космический Центр работает ежедневно, кроме понедельника и вторника. Кировчане могут записаться на

разнообразные экскурсии, лекции, ознакомиться с интерактивными экспозициями музейного комплекса. Для организованных групп и отдельных категорий граждан предусмотрено льготное посещение Центра.

Закончить знакомство с уникальным образовательным Центром хочется словами В.П. Савиных: "Знания о космосе и космических технологиях можно использовать с толком для себя, для родного края, для всей страны. Я очень хочу, чтобы дети смотрели на мир широко открытыми глазами и знали: будущее в их собственных руках. Сейчас им нужны хорошие наставники, равнодушные взрослые. Они есть, и, уверен, их с каждым годом будет все больше".

*Е.Т. Белоглазова,
журналист*

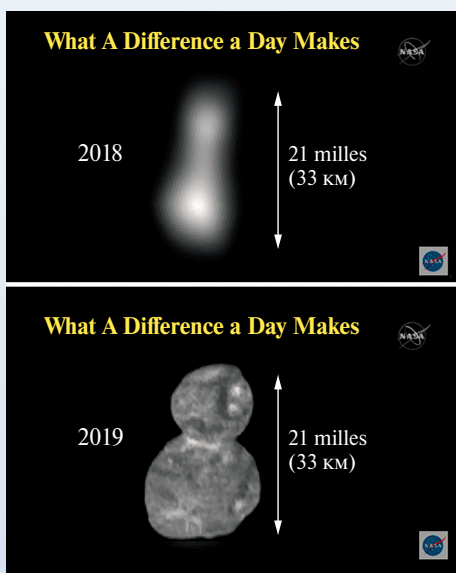
Информация

"Новые горизонты": картинки с края света

1 января 2019 г. в 05:33 UTC (08:33 по московскому времени) американская АМС "Новые Горизонты" пролетела на расстоянии 3,5 тыс. км от транснептунового объекта 2014 MU₆₉, неофициально называемого также Ульtima Туле (выражение "Ultima Thule" можно более или менее точно перевести как "край света"). Это событие произошло на расстоянии 43,4 а.е. от Солнца (6,5 млрд км) – еще никогда ранее исследователи не проводили подобные эксперименты так далеко.

Ульtima Туле был открыт на снимках "Хаббла" 27 июня 2014 г., причем с помощью космического телескопа ученые не просто так наблюдали этот участок небесной сферы: после успешного пролета системы Плутона КА "Новые Горизонты" находился в прекрасном техническом состоянии (в баках оставалось топливо) и команда миссии стала подыскивать ему новую цель. Никаких доступных объектов вдоль направления движения станции на тот момент известно не было, но ее траектория пролегла через пояс Койпера, а, значит, оставался шанс обнаружить там какой-нибудь новый объект и изучить его с близкого расстояния. С помощью "Хаббла" была проведена глубокая съемка выбранной области неба и обнаружено несколько подходящих кандидатов, из которых наиболее доступным оказался именно 2014 MU₆₉ (для его достижения требовалось потратить меньше всего топлива). В августе 2015 г. этот койпероид был окончательно выбран в качестве новой цели для КА "Новые Горизонты".

Чем же интересен 2014 MU₆₉? Этот астероид – типичный кюбивано, т.е. классический объект пояса Койпера, чья траектория практически не изменилась с момента формирования Солнечной системы: он вращается вокруг Солнца по близкой к круговой орбите с большой полуосью 44,58 а.е. и эксцентриситетом 0,04 и делает один оборот за 298 лет. Расстояние между 2014 MU₆₉ и Солнцем меняется



Как изменился вид Ульtima Туле за сутки – с 31 декабря 2018 г. по 1 января 2019 г. Нижний снимок сделан с помощью монохромной камеры LORRI за полчаса до момента максимального сближения с расстояния 28 тыс. км, разрешение снимка – 140 м на пиксель

от 42,72 а.е. в перигелии до 46,44 а.е. – в афелии. Орбита наклонена к эклиптике всего на $2,45^\circ$. Этот объект никогда не приближался к Солнцу или к какой-либо из крупных планет – он остается неизменным с эпохи формирования Солнечной системы. Таким образом, он представляет собой своего рода “строительный блок” планетообразования – “живое ископаемое”, изучая которое, можно судить о свойствах вещества, из которого 4,5 млрд лет назад сформировались внешние планеты.

После выбора 2014 MU₆₉ новой целью для КА “Новые Горизонты” специалисты стали изучать этот объект с помощью всех доступных средств. Поскольку на снимках, выполненных с помощью “Хаббла”, он выглядел точкой, то его размеры весьма неуверенно оценивались в 25–45 км, в зависимости от альбедо (отражательной способности), которое также оставалось неизвестным. Исследователи исходили из предположения о том, что оно лежит в диапазоне от 0,04 до 0,15 (типичная величина для объектов пояса Койпера).

3 июня, 10 и 17 июля 2017 г. 2014 MU₆₉ прошел на фоне трех слабых звезд из созвездия Стрельца. Наблюдения этих покрытий позволили “очертить” форму астероида и оценить его размеры – стало ясно, что он или заметно вытянут, или представляет собой контактную двойную (два тела, вращающиеся вокруг общего центра масс на очень малом расстоянии друг от друга). Поперечник одной доли оценили примерно в 20 км, другой – в 15 км.

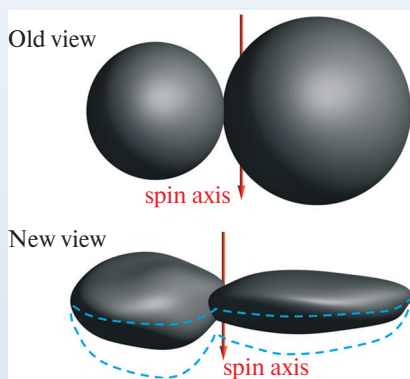
В ноябре 2017 г. в NASA был объявлен онлайн-конкурс по выбору имени для объекта – более красивого и благозвучного, чем 2014 MU₆₉. В нем приняли участие 115 тыс. пользователей, предложивших 34 тыс. вариантов. Тридцать семь вариантов имен (из которых восемь было предложено командой “Новых Горизонтов”, а двадцать девять – интернет-пользователями) вошли в окончательный список для голосования. В марте 2018 г. 2014 MU₆₉ получил собственное (пока неофициальное) имя – Ульtima Туле.

Как только стало ясно, что койпероид представляет собой двойное тело, команда миссии полшутя назвала большую его долю Ульtima, а меньшую – Туле.

Первые собственные изображения Ульtima Туле с помощью КА “Новые Горизонты” были получены только в августе 2018 г. в рамках навигационной съемки, уточняющей видимое положение объекта среди звезд. Объект выглядел как точечный вплоть до 30 декабря 2018 г. Его вытянутость стала заметна лишь за 37 ч до пролета, с расстояния 1,9 млн км. Колец и спутников у него обнаружено не было. Детектор пыли не зафиксировал ни одного соударения, пространство вокруг Ульtima Туле оказалось чистым.

Самое качественное на сегодняшний день изображение Ульtima Туле было получено за 6,5 мин до пролета с расстояния 6628 км, его разрешение составляет 33 м на пиксель. Снимок хранился в памяти бортового компьютера и был отправлен на Землю только 20 февраля 2019 г. Заметим, что из-за огромной удаленности косми-

Старый и новый взгляды на форму Ульtima Туле. Если до получения ночных снимков обе доли объекта считались круглыми, то теперь их сравнивают с “блином” и сплюснутым “грецким орехом”. Красными стрелками показана ось, вокруг которой койпероид вращается вокруг своей оси. Пунктирными линиями показаны возможные вариации толщины обеих долей – пока не ясно, насколько они плоские



ческого аппарата (5 марта 2019 г. он находился на расстоянии 44,32 а.е. от Земли, радиосигнал шел от него 6 ч 9 мин) передача данных происходит очень медленно, так что один снимок можно получать больше суток. Ожидается, что полная передача данных, полученных во время пролета 1 января 2019 г., займет 20 мес и продлится до сентября 2020 г.

На сегодняшний момент наилучшее изображение Ульtima Туле получено с расстояния 6628 км, за 6,5 мин до момента максимального сближения.

Что же мы видим на этих фотографиях? Сдвоенное кометное ядро, состоящее из округлых долей поперечником 19,5 и 14,2 км, столкнувшихся на низкой скорости и слипшихся в единое тело (его поперечник вдоль длинной оси – 34 км). Среднее альbedo объекта – около 10%, однако на нем есть более светлые и более темные области (альbedo отдельных участков поверхности меняется от 6 до 14%). Особенно ярким выглядит “воротник” – место соприкосновения двух долей. На поверхности Ульtima Туле, помимо ударных кратеров, видны ямы со светлым дном. Поперечник самой крупной из них достигает 7 км. Природа ям пока не ясна. Они могут быть древними ударными кратерами или появиться в результате обрушения пустот после подповерхностной сублимации наиболее летучих льдов. Кроме ям и кратеров, на поверхности объекта видны размытые светлые линии непонятного происхождения.

Цвет обеих долей Ульtima Туле примерно одинаков и близок к тону области Мордор на Хароне – он красновато-коричневый. Этот же оттенок свойственен большинству транснептуновых объектов из классического пояса Койпера. В инфракрасном спектре объекта не оказалось полосы водяного льда вблизи 2 мкм, хорошо заметной, например, в спектре спутников Плутона. Это означает, что на поверхности Ульtima Туле водяного льда мало или его нет вовсе.

Ульtima Туле совершает обороты вокруг своей оси с периодом $15,9 \pm 0,1$ ч, причем ось направлена в сторону Солнца (он вращается, как Уран, “лежа на боку”). Благодаря такой необычной ориентации половина койпероида в течение десятилетий непрерывно освещается Солнцем, а другая половина погружена во тьму полярной ночи.

С подлетной траектории, освещенной Солнцем, Ульtima Туле выглядит похожим на гигантского снеговика. Каково же было изумление ученых, когда они получили снимки его ночной стороны: на них, кроме узкого светлого абриса, “проявились” фоновые звезды. Обе доли ядра оказались сильно сплюснутыми! Сближение с Ульtima Туле напомнило нам, что Вселенная полна сюрпризов и даже простой космический булжник может нас удивить. Передача данных с аппарата продолжается, и наверняка нас ожидают новые сюрпризы.

По материалам NASA, JHUAPL,
Planetary Society и др. агентств
Иллюстрации NASA

НЕБЕСНЫЙ КАЛЕНДАРЬ: май – июнь 2019 г.

DOI: 10.7868/50044394819020099

Таблица I

ОСНОВНЫЕ АСТРОНОМИЧЕСКИЕ СОБЫТИЯ

Дата	Время, ч	Событие
МАЙ		
2	14	Луна проходит в 3° южнее Венеры
3	8	Луна проходит в 3° южнее Меркурия
4	2	Луна проходит в 4,5° южнее Урана
4	22	Новолуние
6	21	Луна проходит в 2° севернее Альдебарана
7	23	Луна проходит в 3° южнее Марса
8	14	Меркурий проходит в 1° южнее Урана
12	1	Луна в фазе первой четверти
12	16	Луна проходит в 3° севернее Регула
13	21	Луна в перигее
18	16	Венера проходит в 1° южнее Урана
18	21	Полнолуние
20	17	Луна проходит в 2° севернее Юпитера
21	13	Меркурий в верхнем соединении
22	22	Луна проходит в 30' южнее Сатурна (покрытие)
23	3	Покрытие Плутона Луной
26	13	Луна в апогее
26	16	Луна в фазе последней четверти
27	19	Луна проходит в 3,5° южнее Нептуна
31	13	Луна проходит в 4,5° южнее Урана
ИЮНЬ		
1	19	Луна проходит в 3° южнее Венеры
3	5	Луна проходит в 2° севернее Альдебарана
3	9	Новолуние
4	15	Луна проходит в 3,5° южнее Меркурия
5	14	Луна проходит в 1,5° южнее Марса

Таблица I (окончание)

Дата	Время, ч	Событие
7	23	Луна в перигее
8	21	Луна проходит в 3° севернее Регула
10	5	Луна в фазе первой четверти
10	15	Юпитер в противостоянии
16	19	Луна проходит в 2° севернее Юпитера
17	7	Венера проходит в 5° севернее Альдебарана
17	8	Полнолуние
18	18	Меркурий проходит в 12' севернее Марса
19	3	Луна проходит в 30' южнее Сатурна (покрытие)
19	11	Покрытие Плутона Луной
20	9	Меркурий проходит в 5,5° южнее Поллукса
21	15	Летнее солнцестояние
21	18	Марс проходит в 5,5° южнее Поллукса
22	4	Нептун в стоянии (с переходом к попятному движению)
23	7	Луна в апогее
23	22	Меркурий в максимальной восточной элонгации
24	3	Луна проходит в 3,5° южнее Нептуна
25	9	Луна в последней четверти
28	0	Луна проходит в 4,5° южнее Урана
30	14	Луна проходит в 2° севернее Альдебарана

Примечание. Во всех таблицах и в тексте дано Всемирное время (UT), кроме особо оговоренных случаев

Таблица II

ЭФЕМЕРИДА СОЛНЦА

Дата		α		δ		45°		55°		65°	
						восход	заход	восход	заход	восход	заход
		ч	м	°	'	ч : м	ч : м	ч : м	ч : м	ч : м	ч : м
Май	01	02	30,7	+14	50	05:50	20:05	04:20	19:34	03:27	20:29
	11	03	09,3	+17	41	05:36	20:17	04:00	19:53	02:51	21:04
	21	03	48,8	+20	01	05:25	20:28	03:43	20:11	02:15	21:40
	31	04	29,3	+21	48	05:17	20:38	03:30	20:26	01:42	22:15
Июнь	01	04	33,3	+21	56	05:16	20:39	03:29	20:27	01:39	22:18
	11	05	14,5	+23	01	05:13	20:46	03:21	20:37	01:12	22:48
	21	05	56,0	+23	26	05:13	20:50	03:20	20:42	01:00	23:02

Примечание. В таблице дано среднее Солнечное время

Пример. Определить местное и декретное время захода Солнца 9 мая 2019 г. в Москве (широта $55^{\circ}45'$, долгота $2^{\text{ч}} 31^{\text{м}}$, 2-й часовой пояс).

По таблице “Эфемериды Солнца” интерполируем по широте и дате значение времени захода Солнца на 9 мая, получаем $19^{\text{ч}} 53^{\text{м}}$. Вычитая из него долготу места, прибавим к нему номер часового пояса (+3), получаем $20^{\text{ч}} 22^{\text{м}}$.

Таблица III

ЭФЕМЕРИДЫ ПЛАНЕТ

Дата		α		δ		m	d	f	Продолжительность видимости для разных широт, ч			Часть суток
		ч	м	°	'		"		45°	55°	65°	
Меркурий												
Май	01	1	16,3	+05	13	−0,3	5,8	0,75	−	−	−	10,46
	10	2	16,3	+11	35	−0,9	5,3	0,89	−	−	−	11,11
	20	3	37,0	+19	16	−2,1	5,1	1,00	−	−	−	11,52
	30	5	08,1	+24	18	−1,3	5,3	0,91	−	−	−	12,43
Июнь	01	5	26,0	+25	0	−1,1	5,5	0,87	−	−	−	12,53
	10	6	38,8	+25	8	−0,3	6,2	0,67	0,8	−	−	13,28
	20	7	39,6	+22	25	0,3	7,5	0,46	0,7	−	−	13,48
	30	8	15,5	+19	4	1,1	9,2	0,29	−	−	−	13,42
Венера												
Май	01	0	47,7	+03	11	−3,7	11,5	0,88	0,7	−	−	10,17
	10	1	28,2	+07	17	−3,7	11,2	0,90	0,7	−	−	10,23
	20	2	14,2	+11	30	−3,7	10,8	0,92	0,6	−	−	10,29
	30	3	01,6	+15	28	−3,7	10,6	0,94	0,6	−	1,1	10,36
Июнь	01	3	11,3	+16	17	−3,7	10,5	0,94	0,6	−	1,5	10,38
	10	3	55,8	+19	13	−3,7	10,3	0,95	0,6	−	1,2	10,45
	20	4	46,9	+21	27	−3,7	10,1	0,97	0,5	−	−	10,55
	30	5	39,5	+23	5	−3,8	9,9	0,98	0,4	−	−	11,06
Марс												
Май	01	5	15,8	+24	4	1,6	4,2	0,96	2,7	2,8	1,6	14,45
	10	5	41,4	+24	17	1,7	4,1	0,96	2,3	2,3	−	14,36
	20	6	09,8	+24	20	1,7	4,0	0,97	1,9	1,5	−	14,25
	30	6	38,0	+24	11	1,7	3,9	0,97	1,4	−	−	14,13
Июнь	01	6	43,7	+24	8	1,7	3,9	0,98	1,3	−	−	14,10
	10	7	08,0	+23	24	1,8	3,8	0,98	0,8	−	−	13,58
	20	7	36,4	+22	28	1,8	3,7	0,98	−	−	−	13,44
	30	8	03,4	+21	22	1,8	3,7	0,99	−	−	−	13,30

Таблица III (окончание)

Дата		α		δ		m	d	f	Продолжительность видимости для разных широт, ч			Часть суток
		ч	м	°	'				45°	55°	65°	
Юпитер												
Май	01	17	31,6	−22	23	−2,5	43,4	1,00	6,4	5,0	1,6	03,01
	10	17	28,7	−22	22	−2,5	44,3	1,00	6,8	5,3	1,3	02,23
	20	17	24,5	−22	20	−2,6	45,1	1,00	7,3	5,8	0,2	01,40
	30	17	19,6	−22	18	−2,6	45,7	1,00	7,7	6,0	–	00,54
Июнь	01	17	18,5	−22	17	−2,6	45,8	1,00	7,8	6,0	–	00,45
	10	17	13,6	−22	15	−2,6	46,0	1,00	7,9	6,0	–	00,03
	20	17	08,1	−22	12	−2,6	45,9	1,00	7,7	5,8	–	23,16
	30	17	03,0	−22	9	−2,6	45,5	1,00	7,2	5,4	–	22,30
Сатурн												
Май	01	19	27,4	−21	19	1,1	17,1	1,00	3,9	2,4	–	04,57
	10	19	27,0	−21	19	1,1	17,4	1,00	4,3	2,7	–	04,22
	20	19	26,0	−21	21	1,1	17,6	1,00	4,8	3,0	–	03,41
	30	19	24,4	−21	23	1,0	17,8	1,00	5,3	3,4	–	02,59
Июнь	01	19	24,0	−21	24	1,0	17,9	1,00	5,4	3,5	–	02,51
	10	19	22,0	−21	26	1,0	18,1	1,00	6,0	3,8	–	02,12
	20	19	19,3	−21	30	1,0	18,2	1,00	6,5	4,1	–	01,27
	30	19	16,3	−21	34	1,0	18,3	1,00	6,9	4,5	–	00,43

Примечание. Координаты даны на момент 0^ч по Всемирному времени, f – фаза планеты

ВИДИМОСТЬ ПЛАНЕТ

Меркурий – практически не виден.

Венера – непродолжительное время видна по утрам в южных регионах России.

Марс – восходит в дневные часы.

Юпитер – в южных и средних регионах России виден поздним вечером и ночью.

Сатурн – в южных и средних регионах России виден ночью и ранним утром.

ПОКРЫТИЕ ПЛАНЕТ ЛУНОЙ

В мае и июне Луна дважды покрывает Сатурн и Плутон. Однако на территории России покрытий Сатурна видно не будет. Покрытие Сатурна 22 мая 2019 г. можно будет наблюдать на крайнем юге Африканского континента и в южной части Индийского океана. Покрытие Сатурна 19 июня 2019 г. будет наблюдаться в южной части Атлантического океана, в Южной Америке и Южной Африке.

Д.А. КОНОНОВ,
кандидат физико-математических наук
ИНАСАН

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ ОПТИЧЕСКАЯ СКАМЬЯ "TWILIGHT"

DOI: 10.7868/S0044394819020117

Любительское телескопостроение – это интересное и творческое занятие, требующее некоторой технической базы. Каждый, кто этим занимается, наверняка сталкивался с проблемой предварительной сборки оптической системы, которая необходима, чтобы снять все необходимые параметры и приступить к изготовлению трубы телескопа. При сборке оптической системы из двух или более зеркал возникает необходимость жестко закрепить все оптические элементы для точного измерения фокусного расстояния телескопа и расстояния между зеркалами и окулярным узлом. Мы разработали и изготовили самодельную оптическую скамью для сборки разных оптических систем и их контроля. На ней можно собирать следующие оптические системы: Ньютона, Ричи–Кретьена, Несмита–Кассегрена, Максудова–Кассегрена и др.



Александр и Сергей Гуревы у собранной оптической скамьи. Фото Е. Каменевой

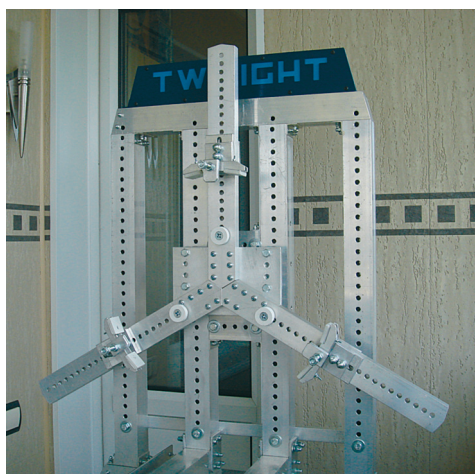
Оптическая скамья представляет собой вертикальную стенку, на которой установлена универсальная оправа для главного зеркала и двух рельсов длиной по 3 м – на них стоят передвижные стойки с юстировочными узлами для разных зеркал. На универсальную оправу устанавливаются главные параболические зеркала диаметром от 200 до 600 мм, а на вертикальных передвижных стойках крепятся гиперболические, эллиптические или плоские диагональные зеркала в зависимости от оптической системы телескопа. С помощью передвижных стоек по рельсам скамьи можно построить точную оптическую систему и получить качественное изображение



Общий вид оптической скамьи



На рельсах скамьи стоят две стойки для вторичных зеркал



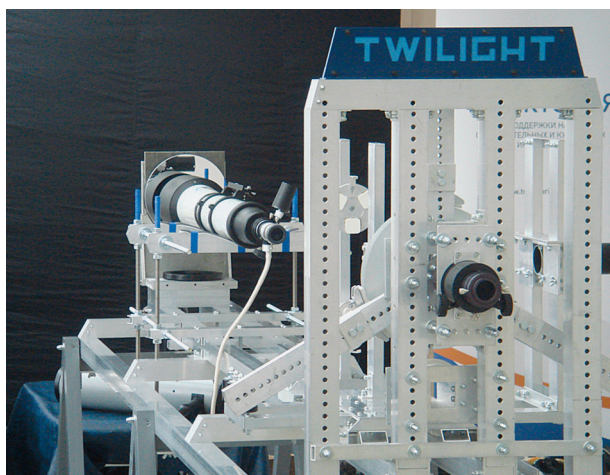
Универсальная оправа для главных зеркал диаметром от 200 до 600 мм

по искусственной звезде. Скамья может использоваться для тестирования качества оптики телескопа. С этой целью на другом конце скамьи устанавливается контрольная эталонная плоскость.

Перед эталоном на рельсах скамьи ставится универсальный штатив для трубы тестируемого телескопа. С помощью прибора-осветителя и искусственного звездного неба осуществляется тестирование оптики телескопа. В дальнейшем на скамье планируется

Таблица для тестирования оптики





Оптическая скамья с тестируемым телескопом



Тестирование телескопа на "Астрофесте-2018"

использование интерферометра для тестирования параметров телескопа.

Сделана скамья из двух алюминиевых боксов длиной по три метра, соединенных между собой четырьмя короткими боксами. Длинные боксы служат рельсами для вертикальных передвижных стоек с зеркалами. На одном конце рельсов устанавливается стенка из таких же боксов, скрепленных между собой, на которую прикрепляется стандартная универсальная оправа для главных зеркал. Оправа изготавливается из трех плоских боксов, скрепленных у основания. На этих боксах

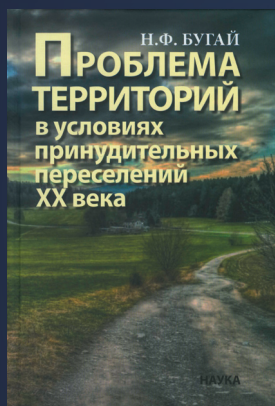
прикрепляются три передвигающиеся каретки для установки в них главного зеркала. Скамья стоит на трех деревянных штативах с противовибрационными подушками. Оптическая скамья проста и удобна в использовании, она мобильна: ее легко собирать, разбирать и транспортировать.

Наша скамья экспонировалась в 2016–2018 гг.: на трех астрономических фестивалях "Астрофест" было протестировано и отъюстировано более двух десятков любительских телескопов. За время работы по юстировке зеркал с ее помощью никаких нареканий и неудобств в ее применении не выявлено.

Данная скамья является любительским инструментом и не претендует на сверхточные профессиональные измерения и тестирование. Она достаточно проста и надежна по конструкции, точна в измерениях и, по нашему мнению, незаменима для любителей астрономии и телескопостроителей. С помощью скамьи мы собрали два больших любительских телескопа "TWILIGHT" с диаметрами главного зеркала 380 мм системы Ньютона (ЗиВ, 2009, № 1) и 360 мм системы Несмита–Кассегрена, которые используем в астрономических наблюдениях.

*А.В. ГУРЕЕВ,
С.В. ГУРЕЕВ,
г. Долгопрудный
Московская область
Фото авторов*

С новыми книгами
Издательства “Наука”
вы можете ознакомиться на сайте
naukabooks.ru



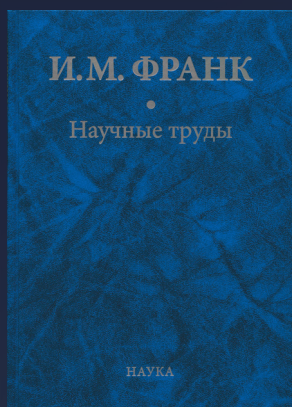
Бугай Н.Ф.

**Проблема территорий в условиях
принудительных переселений XX века:
Теория, практика.**

М.: Наука, 2018. — 471 с.

Решение земельной проблемы применительно к этническим общностям, претерпевшим в 1920-1950-е годы деструктивное воздействие со стороны государства, способствовало повсеместно достижению мира, стабильности межэтнических отношений. Исследование проблемы территорий в условиях принудительного переселения народов ставит цель выявить состояние государственной земельной политики в изучаемый период, формы наделения землей граждан, пребывавших на спецпоселении. Автор рассматривает этапы территориальных преобразований, их причины, особенности и специфику, нормативно-правовую базу, показывает механизмы осуществления подобной практики в сложных условиях военного времени. Вопрос о территориях – одна из важных сторон проблемы территориального обустройства народов страны. Территориальное обустройство зачастую было прочной основой для выживания граждан, обеспечивало мирное сосуществование, стабильность в сфере межэтнических отношений, влияло на процесс формирования самосознания и национального сознания граждан.

*Для историков, этнологов, практиков в сфере
межэтнических отношений и широкого круга читателей.*



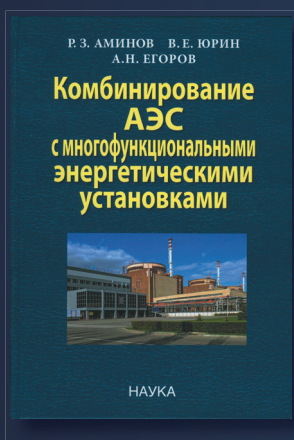
Франк И.М.

Научные труды: в 2 кн.

М.: Наука, 2018. — 478 с.

В первой книге собрания трудов выдающегося физика, лауреата Нобелевской премии академика И.М. Франка помещены работы разных лет, отобранные по тематическому признаку. Среди них статьи 1931–1935 гг. по флуоресценции и фотохимическим реакциям, а также статьи по оптике источников света, движущихся в преломляющих средах, в том числе работы, посвященные теории излучения Вавилова–Черенкова и эффекта Доплера в преломляющей среде. Значительное место занимают статьи по предсказанию и исследованию переходного излучения. Последний раздел книги полностью воспроизводит монографию И.М. Франка «Излучение Вавилова–Черенкова. Вопросы теории».

Для физиков, студентов и аспирантов физических специальностей, историков науки.



Аминов Р.З., Юрин В.Е., Егоров А.Н.

Комбинирование АЭС с многофункциональными энергетическими установками.

М.: Наука, 2018. — 238 с.

В работе предложен новый взгляд на повышение безопасности АЭС. Разработаны и исследованы многофункциональные системы, включающие такие установки, как дополнительная паровая турбина, тепловые аккумуляторы, водородный комплекс и газотурбинные установки, позволяющие обеспечить надежное электроснабжение собственных нужд АЭС в аварийных ситуациях с обесточиванием. Исследован способ использования остаточного тепловыделения реакторов типа ВВЭР для генерации электроэнергии, необходимой для отвода остаточного тепловыделения в аварийных ситуациях с полным обесточиванием. Разработана система уравнений и построены скелетные таблицы свойств диссоциированного водяного пара, которые позволяют проводить промышленные термодинамические расчеты параметров рабочего тела водородных циклов. Исследованы процессы сжигания водорода в кислородной среде, а также определены ресурсные показатели основного оборудования водородного энергокомплекса, работающего в циклических режимах.

Для научных работников, специалистов, аспирантов, студентов старших курсов теплоэнергетических специальностей.

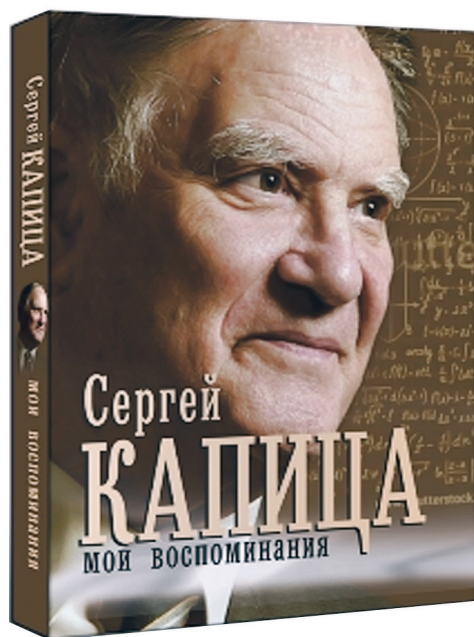
УРОКИ СЕРГЕЯ КАПИЦЫ

DOI: 10.7868/50044394819020117

Книгу “Мои воспоминания” (М.: изд-во АСТ, серия “Гордость человечества”, 2016) легендарный телеведущий, просветитель, главный редактор журнала “В мире науки”, выдающийся ученый-физик, доктор физико-математических наук, профессор и просто необыкновенный человек Сергей Петрович Капица (1928–2012) долгое время отказывался писать, полагая, что еще рано – нужно продолжать жить. Однако, решившись, написал одни из лучших мемуаров рубежа XX–XXI веков.

С.П. Капица родился 14 февраля 1928 г. в Кембридже в семье будущего Нобелевского лауреата, выдающегося ученого-физика П.Л. Капицы (1894–1984). В 15 лет экстерном окончил школу, в 21 год – аспирантуру. Затем в конце 1930-х гг. помогал отцу, изгнанному со всех постов из-за конфликта с Л.П. Берией, проводить эксперименты на даче, в “хате-лаборатории”. В 33 года (в 1961 г.) стал доктором наук. Получил важные результаты в гидроаэродинамике, физике элементарных частиц и других областях современного естествознания. Но мы больше знаем Сергея Петровича не как ученого, а как одного из создателей и многолетнего ведущего замечательной, любимой миллионами зрителей научно-популярной телепередачи “Очевидное–невероятное” (в 1973 г. Капица опубликовал книгу “Жизнь науки”, которая послужила предпосылкой к появлению этой телепередачи (выходила на экран 39 лет, с 1973 по 2012 г.). В 2008 г. Сергей Петрович получил специальный приз “ТЭФИ” за личный вклад в развитие российского телевидения – как бессменный ведущий программы “Очевидное–невероятное”.

Долгожданные мемуары – это не просто история жизни, это – “летопись” XX столетия, в которой великий



просветитель с юмором и парадоксальной точностью делится воспоминаниями о встречах с такими знаменитыми людьми, как Эрнест Резерфорд, академик А.Д. Сахаров, папа Римский Иоанн Павел II, Майя Плисецкая, Валерий Гергиев...

Книга включает 13 глав (вместе с предисловием и послесловием составителей). В предисловии Татьяна Балаховская и Елена Капица отмечают: “...книга не претендует на всеобъемлющую биографию героя, это, скорее, отдельные эпизоды, выстроенные в более или менее хронологическом порядке. Сергей Петрович не устал повторять, что воспоминания для него, в основном, имеют смысл, когда они соединяют время, связывая настоящее с прошлым, имея в виду будущее. Воспоминания можно лучше оценить, когда идет их переключка во времени”.



Отец П.Л. Капица держит Сережу на руках. Кембридж, 1928 г.

В открывающей воспоминания главе *“Жизнь в Кембридже”* автор описывает первые годы своей жизни в этом всемирно известном научном городе, где в лаборатории у Резерфорда работал его знаменитый отец – будущий лауреат Нобелевской премии по физике и будущий академик Петр Леонидович Капица.

Во второй главе – *“Переезд в Москву”* – С.П. Капица вспоминает, как он прервал свое обучение в английской школе, где учеников “заставляли считать на пальцах”. Целый год он занимался с учительницей по русскому языку (*“мои представления о русском языке были весьма приблизительны”*) и, наконец, осенью 1937 г. поступил в третий класс 32-й “элитной” школы на Остоженке. Здесь учились дети партийных деятелей, известных артистов и других знаменитостей.

Глава *“Эвакуация в Казань”* в этой книге – одна из самых интересных и поучительных для наших читателей, поскольку содержит много эпизодов его молодости, связанных с астрономией. Автор вспоминает: «...я очень

увлекся астрономией ... в университетской обсерватории им. Энгельгардта был небольшой телескоп, так называемый кометоискатель ... Я мог там (в отдельной будке) сидеть всю ночь и разглядывать небо – это было совершенно незабываемое впечатление.... Я знал тогда созвездия, мог находить их, умел по координатам на карте определить, куда направлять телескоп. Ничего нового в небе обнаружить не удалось, но практику я приобрел. Отец подарил мне замечательные книги: два тома *“Астрономии”* Дж. Рассела – классическое описание Солнечной системы и звезд». Эти эпизоды знакомства с астрономией (как и встречи с учеными – коллегами и друзьями отца) весьма наглядно и убедительно показывают, как и в какой среде формировался будущий естествоиспытатель и просветитель науки.

Казань была одним из центров эвакуации институтов и сотрудников Академии наук, и это позволило юноше Капице познакомиться со многими известными учеными: с академиком И.В. Обреимовым из знаменитого государственного Оптического института (ГОИ), с членом-корреспондентом АН СССР Д.Д. Максutowым – изобретателем менисковых (максutowских) телескопов и другими. Позже, в Москве, продолжая интересоваться астрономией и астрономическими приборами и посещая Клуб любителей астрономии, С. Капица познакомился с профессором-биологом М.С. Навашиным – любителем астрономии, делавшим собственными руками телескопы максutowского типа. Как пишет сам Сергей Петрович, в Казани ему не удалось сделать максutowский телескоп, но он “соорудил обычный с диаметром семьдесят пять миллиметров”.

В 1945 г. М.С. Навашин предложил ему наблюдать полное солнечное затмение в г. Рыбинске. Совместными усилиями был сконструирован *“специальный телескоп с большим зеркалом диаметром 30 см, что позволило получить четкое изображение Солнца диаметром около 2 см ... в этой системе было*

подвижное зеркало Ньютона, чтобы не надо было поворачивать весь телескоп". На пароходе по пути в Рыбинск астрономы-любители встретились с одним из самых выдающихся людей России XIX–XX вв. – революционером и ученым, политкаторжанином Н.А. Морозовым (1854–1946), отсидевшим в заключении 25 лет (21 год – в каземате Шлиссельбургской крепости)¹: *"...он сохранил моло-*



Н.А. Морозов. 1910 г.

дость... и невозможно было поверить, что ему уже 90 лет". На основании астрономических данных Н.А. Морозов пытался корректировать историю по датам старинных документов, которые он высчитывал по описанию расположения небесных тел и затмений (этот подход позволил сделать ему вывод о создании "Апокалипсиса" Иоанном Златоустом в 395 г., а не к 60 г. I в.н.э.)².

Глава *"Послевоенные годы"* содержит эпизоды учебы С. Капицы в МАИ, занятий альпинизмом и горными лыжами; в ней рассказывается о первых шагах в научно-исследовательской работе и о продолжении знакомств с известными учеными страны. МАИ был одним из лучших институтов страны – настоящей кузницей будущих

инженеров-авиастроителей. Судите сами: *"...одним из моих курсовых (!) проектов была разработка катапультирования сидения самолета... я разобрался в работе пороховых ракет и спроектировал такое сидение... и сейчас этот подход лежит в основе технологии спасения летчиков*". У студентов вуза была летная практика на аэродроме в Долгопрудном (на учебном самолете У-2, или По-2): *"...возможно, у меня хорошо получалось пото-*

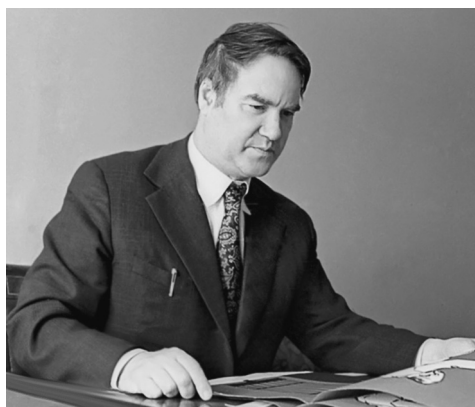
му, что я ясно представлял себе физику полета и имел опыт управления яхтами... позже я вполне освоился и летал в самых разных местах". Далее следует (не без юмора) описание полета в небе Англии – за штурвалом частного самолета Капица, рядом его коллега *"возит-ся с радио"*, а курс пересекает (как выяснилось после шумных "разборов полетов" на земле)... вертолет с принцем Уэльским, пытавшимся установить радиосвязь с неопознанным самолетом...

Однако, несмотря на то, П.Л. Капица начал в этих условиях систематические исследования по гидродинамике тонких пленок вязкой жидкости. В экспериментальной части работы Сергей принимал прямое участие – изготавливал стеклянные трубки (*"точно круглые и точно цилиндрические"*) с оптической точностью порядка микрона (пригодился опыт изготовления зеркал для телескопов). Работа оказалась пионерской и основополагающей в своей области. В 2007 г. при вручении премии "Глобальная энергия" академику В.Е. Нагорякову и доктору Дж. Хьюитту (из Англии) последний вспомнил про нашу с отцом работу и сказал об этом *"очень трогательно, хотя и не знал, что я присутствую в зале"*.

Великолепно и с присущим автору юмором описана сцена охоты в районе Лесных Далей. Охотники: отец, дядя

¹ В 1923 г. Советская власть подарила Н.М. Морозову его же собственное имение Борок, которое он подарил АН СССР в 1932 г. (Сейчас там находится Геофизическая обсерватория ИФЗ "Борок" и Биологический институт, созданный по инициативе И.Д. Папанина.) В 1939 г. Н.А. Морозов в возрасте 85 лет окончил снайперские курсы Осоавиахима и через три года на Волховском фронте лично участвовал в военных действиях. В июле 1944 г. был награжден орденом Ленина.

² Впоследствии вывод был признан ошибочным.



С.П. Капица в рабочем кабинете. 1970-е гг.

Коля (академик Н.Н. Семёнов), натаканный на охоту рыжий пойнтер Той и автор с ружьем – штучной тульской двустолковой – подарком Л.П. Берии (!). Охотились на перепелок. *“Вдруг все переменялось, впереди появился заяц, Той бросился за ним, следом охотники...собака уже нагоняла зайца, который устремился к телефонному столбу, стоящему посреди поля и... тут же обратился в кошку, ловко забравшись на самую вершину столба... мне строго сказали, чтобы я никогда и никому не рассказывал о случившемся”.*

Растет круг знакомств автора с интересными людьми науки. В книгу вошли рассказы о встречах с будущими звездами науки – академиками С.А. Христиановичем, А.А. Дородницыным (в ЦАГИ, где работал С. Капица), будущим профессором МФТИ И.И. Кобzareвым, в 1948 г., на летней практике, – с А.И. Алихановым и А.И. Алиханяном, организаторами высокогорной станции космических лучей (Алагез, Армения).

В главе *“Акваланги и аквалангисты”* показана роль автора в развитии у нас в стране подводного плавания; автор подробно описывает начало эпохи исследования глубин океана. Это было в середине 1950-х гг., в Коктебеле, – когда началось увлечение подводным плаванием во всем мире. Затем последовали экспедиции для исследований

и киносъемок в дальневосточных морях, с неизмеримо более богатым подводным миром (о-в Путятин и залив Посьет около Владивостока, о-в Сахалин). Успехи в киносъемках подводного мира помогли близко познакомиться и подружиться с великим Жаком-Ивом Кусто на кинофестивале спортивных фильмов в Каннах (!).

Глава *“Заграничные путешествия”* – пожалуй, самая веселая: она полна анекдотов, научного юмора и всяческих забавных историй. Даже когда речь идет об экстремальных, весьма опасных ситуациях, происходивших с автором во время подводных плаваний на Большом Барьерном рифе в Тихом океане, или во время рекордного спуска под землю со спелеологами-профессионалами, *“на самое глубокое место в Австралии... я, как самый крупный, застрял... и два часа промучился, в то время как двое ребят тянули меня сразу в две стороны”.*

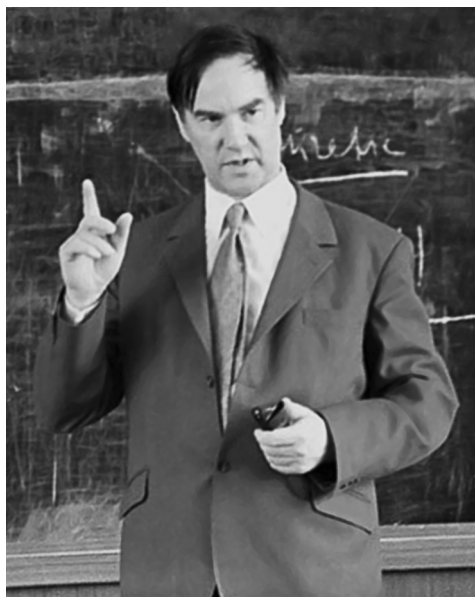
В главе *“Система Физтеха”* рассказывается о деятельности Сергея Петровича на кафедре Общей физики, которой он заведовал 35 лет, с 1964 по 1998 г. *“Работа на Физтехе (Московский физико-технический институт – МФТИ) заняла в моей жизни существенное место... Моя главная ответственность была даже не столько читать лекции – сколько обеспечивать комплектацию профессуры этой кафедры (физиков). Надо было находить людей, которые действительно способны были учить, хотели учить и могли научить”.* Как известно, МФТИ был задуман рядом наших крупнейших ученых (в первую очередь, физиков) еще до войны. В 1938 г. в *“Правде”* в статье *“Нужна высшая политехническая школа”* формулировалась необходимость создания передовой школы, где учеба совмещалась бы с практической работой. После войны П.Л. Капица и С.А. Христианович написали *“Устав”* МФТИ и поставили перед И.В. Сталиным вопрос о необходимости его создания. Так был организован Физтех.

Уникальная книга *“Жизнь науки”* – это результат кропотливого трехлетнего

труда С.П. Капицы по истории физики и натурфилософии. Он вначале собрал, а потом систематически изучил и осмыслил около сотни предисловий – от Н. Коперника до наших дней. В Предисловии дана краткая научная оценка основного текста книги, выполненная ученым после того, как она была сверстана. Автор предпринял систематическое изучение предисловий к трудам великих ученых (*“я просмотрел более 500 книг”*) и подметил, что они перекликаются между собой и по форме, и по содержанию, а также предлагают самое ценное. (Последнее всегда подчеркивал его знаменитый дед академик А.Н. Крылов.) Сергею Петровичу стало понятно, что, собранные вместе, они могут показать путь развития науки.

С большой теплотой автор отзывается о главном редакторе книги – академике Л.А. Арцимовиче. *“Помню, я спросил Арцимовича, идти ли мне на телевидение. Попробуйте. Но стоит это вам будет дорого, это неизбежно отразится на отношении к вам коллег-ученых и разрушит вашу академическую карьеру. Так оно и оказалось”*. Зато это “непростое решение” позволило получить трибуну телеведущего для выступлений перед громадной аудиторией, с которой можно было говорить о проблемах науки и общества, *“которые я обсуждал и с ним (с Л.А. Арцимовичем) и с отцом”* и без которых *“...мне было бы очень трудно вести свои передачи и рассчитывать на их успех”*.

Рассказ о главе *“Очевидное с невероятным”* хотелось бы открыть пушкинскими строками, с которых началась каждая встреча со зрителем: *“...О, сколько нам открытий чудных готовит просвещенья дух. И опыт, сын ошибок трудных. И гений, парадоксов друг... И случай, бог изобретатель”*. «Последняя строчка – самая гениальная. Но на советском телевидении ужасно боялись слова “Бог”, и эпиграф долго существовал без нее...». Это – из микроэссе Н. Эдельмана об истории создания Пушкиным этих строк; оно удачно вмонтировано Сергеем Петровичем в ткань повествования.



Профессор МФТИ С.П. Капица выступает с лекцией. Начало 1970-х гг.



Обложка книги С.П. Капицы “Жизнь науки” (М.: 1973)



Ведущий телепередачи "Очевидное–невероятное" С.П. Капица. Середина 1980-х гг.

С самого начала работы С.П. Капицы по созданию программы он вел непрерывный поиск новых форм и новых – интересных, порой парадоксальных фактов, новых закономерностей в научной специфике передачи; новых средств выразительности и, конечно, приглашал к себе старых и молодых, блестящих представителей мировой науки и артистической элиты. Очевидно, что невероятная и неповторимая Майя Плисецкая – уникальный пример героини "Очевидного–невероятного". О встрече с ней в жизни и потом, в эфире, посвящены самые запоминающиеся страницы книги. В 1979 г. Сергей Петрович получил премию Калинин – высшую награду ЮНЕСКО за исключительные достижения в области популяризации науки. Так была оценена его деятельность в качестве ведущего программы "Очевидное–невероятное".

В каждой передаче с экрана со зрителем велся разговор о роли эмоций в жизни людей, о психологии

человеческих контактов, о родстве ученого и художника, изобретателя и артиста – людей, отдающих себя творчеству; наконец, о чувстве юмора и остроумии. Появилась даже песня Высоцкого, посвященная передаче ("о бессилии науки перед тайною Бермуд"), и "... мне это было очень лестно... это одна из самых высоких оценок той деятельности, которой я занимался, и выражена она в бесспорно талантливой манере":

*"Уважаемый редактор!
Может, лучше про реактор,
Про любимый лунный трактор?
Ведь нельзя же год подряд:
То тарелками пугают,
Дескать, подлые летают,
То у вас собаки лают,
то руины говорят".*

«Кризис передачи "Очевидное–невероятное" совпал с кризисом отношения к науке в общественном сознании, но наука переживет любые кризисы, они не впервые происходят. Вопросы, связанные с наукой, с инновацией – это ключевой вопрос существования нашей страны и ее будущего. Я не одинок в этом выводе, все ответственные умы в нашей стране с этим согласны. Но вопрос политической воли – в том, чтобы реализовать эту позицию», – пишет Капица. Глубокий кризис не обошел и телевидение – "сильнейшее средство взаимодействия людей". Оно оказалось в руках тех, кто "совершенно безответственно относился к своей роли в обществе... даже про положительные новости говорят в таких ернических интонациях, что и к ним сразу складывается негативное отношение". Сергей Петрович сразу почувствовал и опасности интернета: «Не компьютер может довести человека, а интернет. Замечательный русский психолог Алексей Леонтьев сказал в 1965 году: "Избыток информации ведет к оскудению души"». Эти слова должны быть написаны на каждом сайте.

Последние главы воспоминаний С.П. Капицы посвящены его исследованиям междисциплинарных глобальных проблем (прежде всего, росту

народонаселения), международной деятельности в различных авторитетных организациях и движениях и приятным моментам получения (и вручения другим) различных премий и наград. В 1987 г. С.П. Капица стал заместителем председателя Российского Пагуошского комитета и членом Совета Пагуошского движения ученых. Он активно участвовал в работе Римского клуба, ЮНЕСКО, ООН, в различных экономических и политических форумах. Наконец, он существенно помог в создании популярного в научном сообществе ежемесячного научно-информационного журнала “В мире науки” (“Scientific American”) и был его первым главным редактором.

В Послесловии составителей – Татьяны Балаховской и Елены Капицы – воздается должное жене и другу, Татьяне Акимовне (в девичестве Дамир). Они прожили с Сергеем Петровичем вместе около 60 лет, у них трое детей и четверо внуков. Он не любил говорить о своей личной жизни, но о многом может сказать за него тот факт, что свою самую важную книгу “Глобальная демографическая революция и будущее человечества” он посвятил самым дорогим ему



С.П. Капица. 1980-е гг.

людям – “Тане, нашим детям Федору, Марии и Варваре и внукам Вере, Андрею, Сергею и Александре”.

С.П. ПЕРОВ,
доктор физико-математических наук

Уважаемые читатели “Земли и Вселенной”!

В нашем журнале материал под названием “Небесный календарь” (в рубрике “Любительская астрономия”) выходит практически в неизменном формате уже много лет. Тем не менее развитие информационных технологий приводит к тому, что, на мой (редактора Отдела астрономии) взгляд, часть информации в “Календаре” в ее нынешнем виде оказывается неактуальной.

В частности, на сегодняшний день существует масса доступных программ-“планетариев”, которые позволяют узнавать об условиях видимости и эфемериды небесных объектов для конкретных дат и времени с высокой точностью, что делает неактуальным, к примеру, публикацию таблиц “Эфемериды Солнца” и больших планет в “Календаре”.

В настоящее время рассматривается возможность изменения формата этого раздела, и мы хотели бы обратиться к нашим читателям за помощью: просим вас, по возможности, откликнуться и сообщить нам ваши пожелания относительно той информации, которую вы считаете актуальной и нужной для ее публикации в разделе “Небесный календарь”.

Индекс 70336

Земля и Вселенная, 2/2019

Заведующая редакцией Л.В. Рябцева

Зав. отделом космонавтики и геофизики С.А. Герасютин

Номер подготовили: В.И. Ананьева, С.А. Герасютин, О.В. Закутняя

Оператор ПК Н.Н. Токарева

Корректоры Р.В. Молоканова, Т.И. Шеповалова

По вопросам публикации материалов:

(495)276-77-28 (доб. 42-31), e-mail: zevs@naukaran.com

По вопросам сотрудничества:

(495)276-77-35 (доб. 43-01 или 42-91),
e-mail: journals@naukaran.com

Журнал зарегистрирован Государственным комитетом
Совета министров СССР по печати 28 июня 1991 г.
Свидетельство о регистрации № 2119

www.naukabooks.ru/zhurnali/katalog/zemlja-i-vselenaja/

Все права защищены

Перепечатка материалов возможна только с разрешения редакции.

Мнение редакции может не совпадать с мнением автора.

Все иллюстрации в статьях предоставлены авторами.

*Ответственность за точность и содержание рекламных
материалов несут рекламодатели*

12+

Сдано в набор 21.02.2019 г. Подписано к печати 20.03.2019 г.

Дата выхода в свет 29.03.2019 г. Формат 70 × 100¹/₁₆

Цифровая печать Усл.печ.л. 9.75 Уч.-изд.л. 10.0 Бум.л. 7.5

Тираж 1000 экз. Зак. 869 Цена свободная

Учредители: РАН, ФГУП «Издательство «Наука»

Редакция и издатель: ФГУП «Издательство «Наука»

Адрес: 117997 Москва, ул. Профсоюзная, 90

Отпечатано в типографии ФГУП «Издательство «Наука»

Адрес: 121099 Москва, Шубинский пер., 6

АкадемКнига

Букинистический отдел осуществляет покупку и продажу научной литературы, книг по искусству, антикварных изданий, старинных открыток, гравюр и фотографий

Для оценки крупных библиотек выезжаем на дом

Принимаем заказы

Формируем библиотеки

Адрес: 101000, Москва, Б. Спасоглинищевский пер., 8, стр. 4

E-mail: spasoglin@mail.ru

Справки по телефону:

8 (495) 624-7219



ИЗДАТЕЛЬСТВО
НАУКА

NAUKA
PUBLISHERS

НОВИНКИ И АКЦИИ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ



[instagram.com/naukapublishers](https://www.instagram.com/naukapublishers)



[facebook.com/naukapublishers](https://www.facebook.com/naukapublishers)



vk.com/naukapublishers

ИЗДАТЕЛЬСТВО НАУКА PUBLISHERS

Типографии ФГУП "Издательство "Наука"
www.tnauka.ru

- переплетные работы
- тиснение фольгой
- цифровая печать
- офсетная печать
- ламинирование
- цветоделение
- сканирование
- брошюровка
- лакирование
- цветопроба
- нумерация
- высечка
- верстка
- СТР

- ▶ Разумная ценовая политика
- ▶ Высокое качество продукции
- ▶ Реальные сроки выполнения заказов
- ▶ Работа высококлассных профессионалов



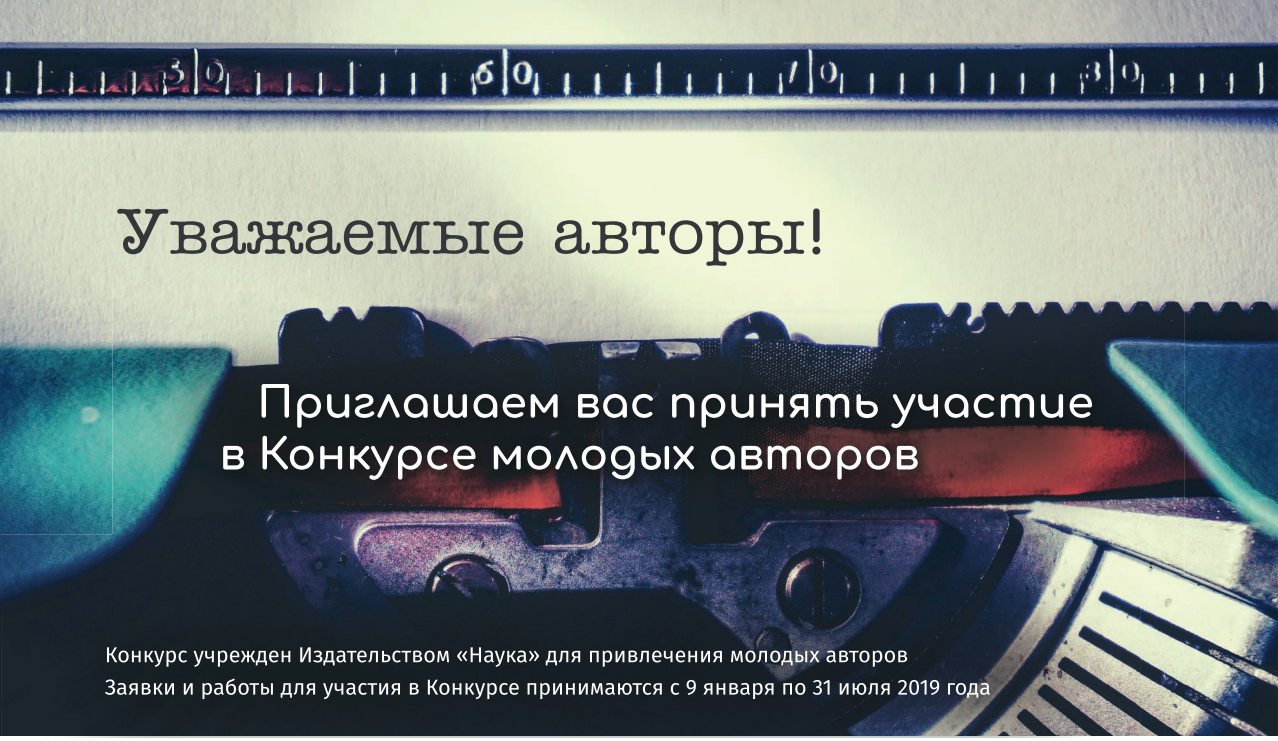
- ◆ Удобное месторасположение
- ◆ Тиражи от 20 экземпляров

- афиши
- календари
- удостоверения
- адресные папки
- визитные карточки
- фирменные бланки
- брошюры, журналы
- эксклюзивные издания
- полноцветные плакаты
- художественные альбомы
- книги в твердом переплете
- листовки, рекламные буклеты
- наклейки на бумажных материалах

Москва

Санкт-Петербург

Новосибирск



Уважаемые авторы!

Приглашаем вас принять участие в Конкурсе молодых авторов

Конкурс учрежден Издательством «Наука» для привлечения молодых авторов
Заявки и работы для участия в Конкурсе принимаются с 9 января по 31 июля 2019 года

К участию в конкурсе принимаются оригинальные,
не публиковавшиеся ранее, не участвующие в других
конкурсах статьи по трем блокам:

- астрономия, космонавтика, экология, геофизика, геодезия
- энергетика, биоэнергетика
- физика, химия, биология

“Наука”
Индекс 70336

По итогам Конкурса награждаются три победителя:



Сертификат на издание научной
или научно-популярной книги



Сертификат на подготовку
оригинал-макета научной
или научно-популярной книги



Сертификат на редактирование научной
или научно-популярной книги

Подать заявку и узнать подробности
о Конкурсе вы можете на сайте

ys.naukapublishers.ru